

Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Para optar por el título de Ingeniería en Diseño Industrial con el Grado Académico de Bachiller

**Vanessa Aguilar Castillo**

201214303  
vanessaaguilarcastillo@gmail.com

**Eugenia Fernández Garza**

201222481  
fergar.eu@gmail.com

MBA. Olga Sánchez, Profesora Asesora  
DI. Zayra Castro, Coordinadora de Proyecto

II Semestre, 2016

# Resumen Ejecutivo

## PROYECTO DE GRADUACIÓN

**“Diseño de órtesis activa dinámica que permite la movilidad del brazo y antebrazo, en niños de 3 a 6 años”**

# Situación Actual

EL Hospital Nacional de Niños, atiende alrededor de 99 casos al año, de niños con dificultades motoras en sus extremidades por lo cual este Hospital con la colaboración de la empresa Avant BioMedical busca solución a la problemática descrita a continuación:



Carencia de una órtesis que permita la movilidad del brazo en niños de 3 a 6 años con alguna deficiencia motora en brazo o antebrazo a nivel nacional.



Esta deberá ser de bajo costo de fabricación para que pueda ser adquirida con el presupuesto de la C.C.S.S. Que cuenta con un presupuesto para uno solo brazo, alrededor de ₡ 120.570 y para ambos brazos, alrededor de ₡203.655.



Deberá de ser de producción nacional.



Además, deberá ser personalizable de acuerdo a cada paciente según la edad, patología y su crecimiento.

# Perfil del Usuario

El usuario presenta las características expuestas en el diagrama:



Niños y niñas de 3 a 6 años.



Con patologías en donde se ve comprometida la movilidad del brazo y antebrazo.



Provocando problemas biomecánicos o inmovilidad de los miembros superiores.



Músculos involucrados: detróides, supra e infraespinoso, redondo menor, bíceps braquial, coracobraquial, supinador corto y largo.



Principales nervios afectados: C5 a C7.



Patologías pueden afectar otros músculos cercanos al brazo, pero no la muñeca, mano y dedos.



Puede ser bilateral o unilateral.



Buscan la movilidad de sus miembros superiores, con ello dar calidad de vida y potencial el desarrollo.



Se desea evitar pérdida de función muscular y deformidades.



Tiene un cuidador las 24 horas puede ser un familiar, no tiene conocimiento técnico en el uso de ayudas técnicas.



# Objetivos

Para satisfacer el problema mencionado anteriormente, se requiere de una ayuda técnica llamada órtesis activa dinámica, que debe cumplir con los siguientes objetivos:



## General

Diseñar una órtesis activa dinámica que permita la movilidad asistida de brazo y antebrazo, para niños de 3 a 6 años, con algún grado de compromiso motor de las extremidades superiores.



## Específicos

Generar un dispositivo de fácil uso tanto para el niño como para su cuidador.



Diseñar un dispositivo que se ajuste al presupuesto destinado por paciente, según la C.C.S.S, para la obtención de una órtesis.



Desarrollar un dispositivo para ser producido mediante tecnología disponible en Costa Rica

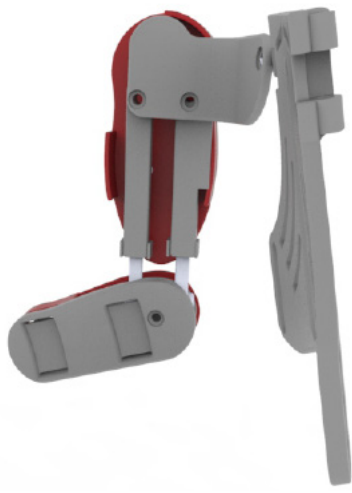
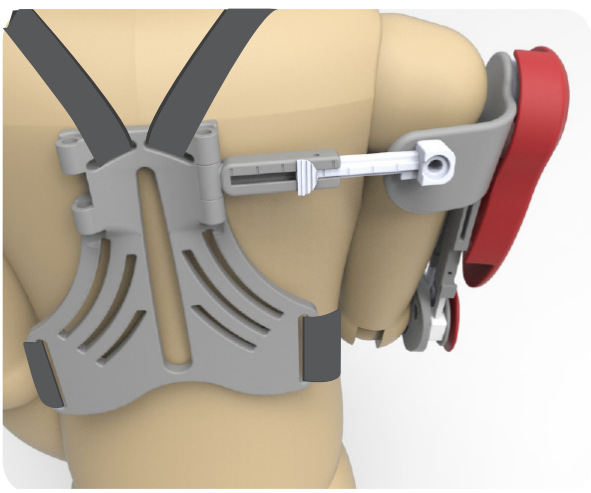
# Concepto de Diseño



# Propuesta Final

## Integrada

MOSI: Órtesis para niños de 3 a 6 años sin movilidad en brazo y antebrazo.



Peto Rígido (PLA)

Bisagra Posterior (PLA)

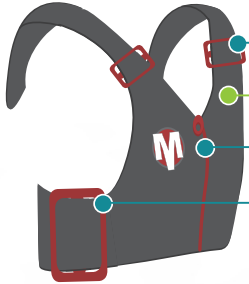
Tope Posterior (PLA)

Bisagra Interior (PLA)

● Manufactura Aditiva (FDM)

● Componente Estándar

● Manufactura textil



Basculante derecha (PLA)

Basculante Izquierda (PLA)

Topes Basculantes (PLA)

Soporte antebrazo (PLA)

Ajuste Antebrazo 1 (PLA)

Central (PLA)

Tornillos (Acero Inoxidable)



Ajuste Tirantes

Peto Textil (Mesh y Docomo)

Zipper

Ajuste Tirantes

Escápula (PLA)

Boa Ajuste Brazo

Cobertor Brazo (PLA)

Ajuste Antebrazo 2 (Velcro)

Boa Ajuste Antebrazo

Cobertor antebrazo (PLA)

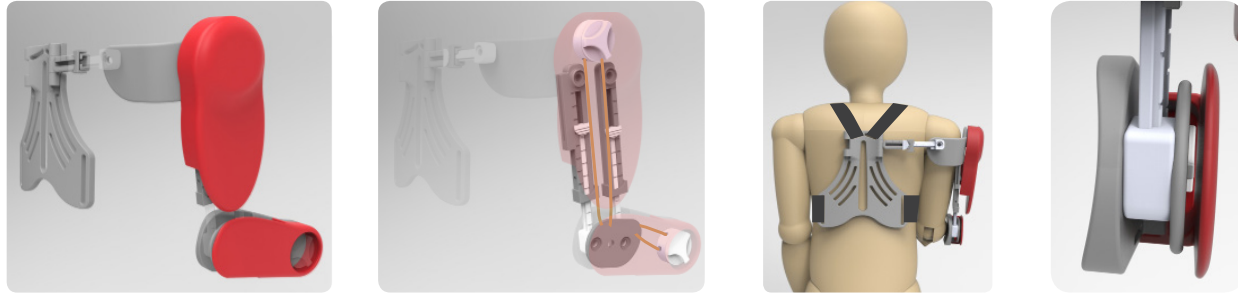
Basculante Int Izquierda (PLA)

Basculante Int Derecha (PLA)

# Propuesta Final

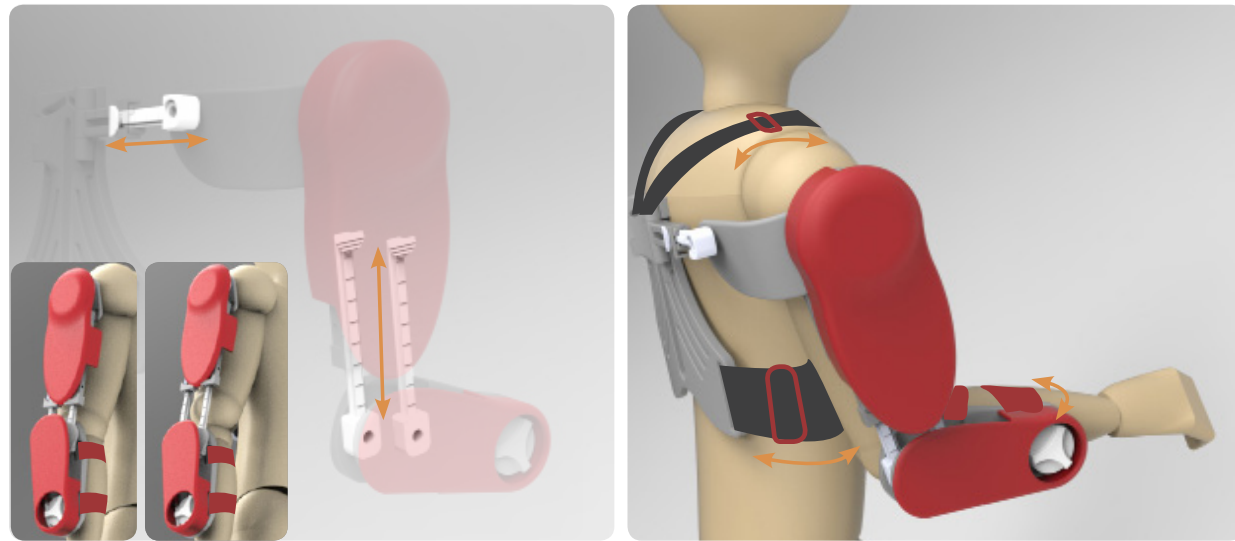
## Subsistemas

### Chasis



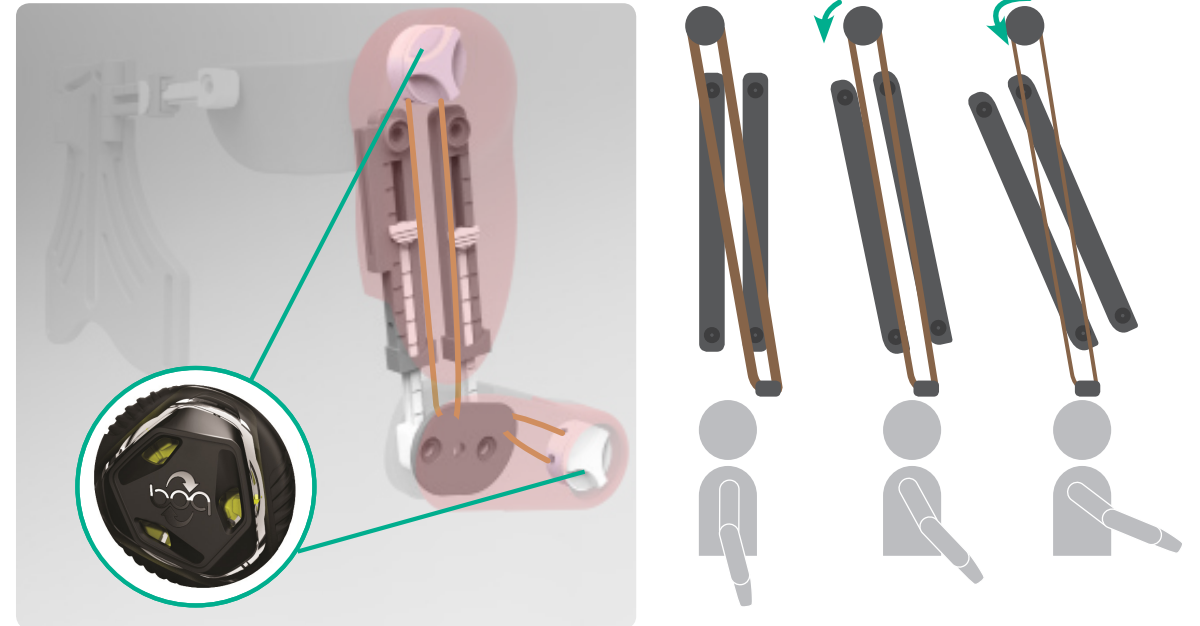
Este sistema se encarga de dar estructura al producto, está formado por el peto, la bisagra trasera, la escapula, las basculantes, el soporte del antebrazo y los cobertores. Estos cobertores permiten la protección de los mecanismos internos, además, su apariencia de escudo que de alusión de un traje de un superhéroe. Su forma se adapta al cuerpo del niño.

### Ajuste



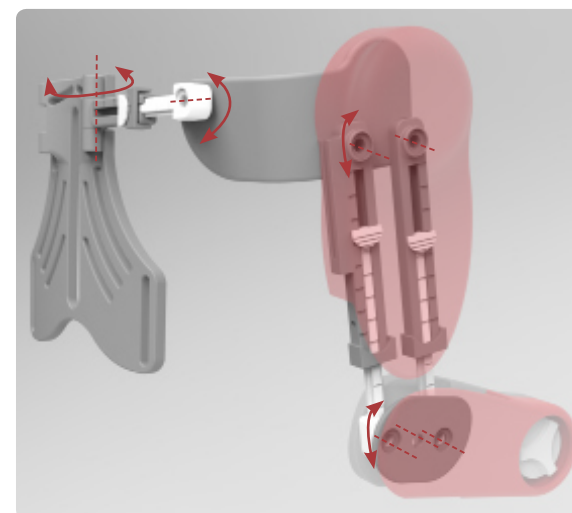
Este subsistema se encarga de ajustar el sistema al usuario. Para que sea posible el buen funcionamiento del MOSI. Este ajuste se da longitudinalmente a nivel de la espalda con la pieza bisagra interna y también a nivel del brazo con las basculantes. También se da un ajuste diametral, gracias a las partes textiles, las cuales son el peto textil y los ajustes antebrazos en dos puntos.

### Angulación



En este subsistema permite soportar el peso del brazo, además de permitir la regulación del ángulo del brazo y el antebrazo. Consta de dos barras basculantes, el Boa, utilizado en dos puntos diferentes el cual es un sistema patentado que ajusta un cable elástico, el cual permite diferentes longitudes de cuerda. El cable elástico dependiendo de su longitud dará diferentes ángulos al brazo y al antebrazo, las basculantes y los cables elásticos se unen a la pieza central, que permite el buen funcionamiento. Entre mayor tensión más subirá el brazo

### Articulación



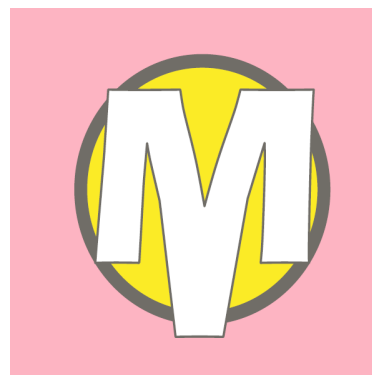
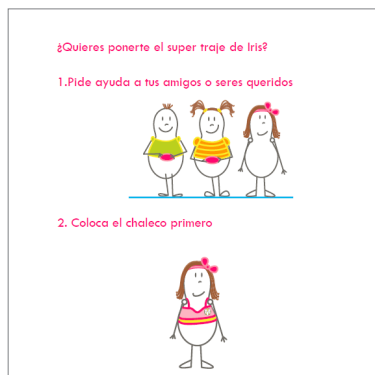
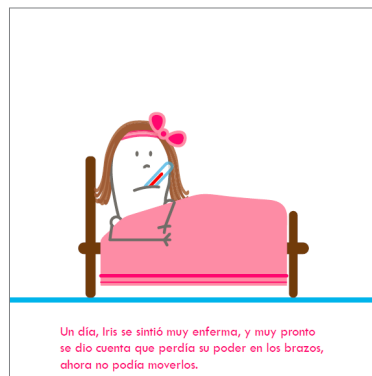
Este subsistema permite que a través de elementos de algunas partes como bisagras y ejes, la articulación del sistema, permitiendo movimientos diversos al utilizar el sistema. Estos movimientos que permite son flexión, extensión, abducción y aducción.



# Propuesta Final

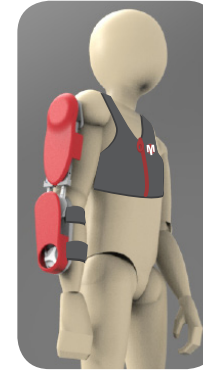
## Perceptualidad

Como parte de la simpatización y aceptación de la MOSI por parte del niño hacia la órtesis, se utiliza la connotación de superhéroes, se utiliza en la estética del producto en su forma y por los colores que se utiliza para su confección, asociando la órtesis con un traje de un superhéroe. Además, la órtesis se entrega al niño con un cuento titulado "El Nuevo Super Traje" el cual tiene varias funciones importantes, una las ellas es que modela la acción de utilizar el producto. Enseña gráficamente como con ayuda de amigos se debe colocar a MOSI. También colabora con la aceptación del niño en un ambiente con otros niños, por lo cual la órtesis acompañada de este cuento se vuelve una herramienta de ayuda para sus padres, cuidadores y profesores.



## Posiciones

### Actividad 1. Posición Neutra abajo



El producto permite que el niño presente una posición neutra con el brazo abajo con el fin de que descanse el músculo en caso de fatiga muscular.

Además, permite que mantenga el brazo en posición neutra durante el proceso de colocación del producto, para así evitar posturas viciosas que puedan lastimar al niño. Tanto codo como hombro están a 0°

### Actividad 2. Actividades en la mesa



Permite regular la angulación de forma tal que el niño se ubique frente a una mesa y pueda realizar actividades sobre este plano, tales como: jugar con legos, pintar, dibujar, entre otras.

Permite una posición del codo flexionado a 90° y el hombro a 10° de flexión. Sobre el plano el niño podrá realizar: abducción y aducción a 20°.

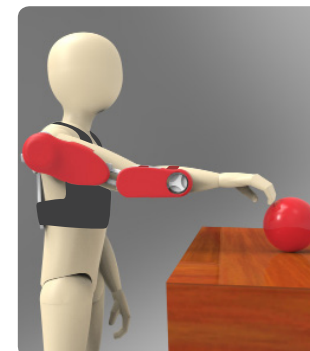
### Actividad 3. Pintar sobre la Pared



La órtesis permite realizar actividades sobre un plano frontal, como pintar sobre un papel pegado en la pared. Esto debido a que es una postura recomendada por los fisioterapeutas, para promover el fortalecimiento de diversos músculos.

El brazo presenta una flexión de 10° y el antebrazo se flexiona hasta un rango de 70°.

### Actividad 4. Alcanzar objetos



La posición de brazo a 90° y codo en posición neutro (0°) permite al niño alcanzar objetos en un plano frontal.

Es así como el niño tiene la posibilidad de sostener objetos y realizar actividades en un plano justo en frente de él.

Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Para optar por el título de Ingeniería en Diseño Industrial con el Grado Académico de Bachiller

**Vanessa Aguilar Castillo**

201214303  
vanessaaguilarcastillo@gmail.com

**Eugenia Fernández Garza**

201222481  
fergar.eu@gmail.com

MBA. Olga Sánchez, Profesora Asesora  
DI. Zayra Castro, Coordinadora de Proyecto

II Semestre, 2016

# PROYECTO DE GRADUACIÓN

**“Diseño de órtesis activa dinámica que permite la movilidad del brazo y antebrazo, en niños de 3 a 6 años”**



DI-258-2016  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Diseño Industrial  
Proyecto de Graduación – Bachillerato  
Tribunal Evaluador

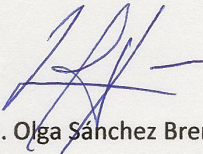
Estudiante: Eugenia Fernández  
Carné: 2012-22481

Estudiante: Vanesa Aguilar  
Carné: 2012-14303


---

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el Título de Ingeniero en Diseño Industrial con el grado académico de Bachillerato Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



MBA. Olga Sánchez Brenes



Lic. Luis Carlos Araya Rojas



DI. Federico González Camacho

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente Trabajo de Graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Diseño Industrial.

**15 de noviembre del 2016, Cartago, Costa Rica**

# Dedicatoria

## Agradecimientos

Dedicado a nuestros padres,  
Sandra Castillo y Victor Aguilar,  
Sara Garza y Alfonso Fernández

Primero queremos agradecer a Dios por permitirnos llegar hasta aquí, además de darnos la oportunidad de trabajar en este proyecto y darnos las fuerzas para concluirlo. Porque nunca nos dejó solas.

A nuestras familias, en especial a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional durante todos estos años, sin ellos no hubiera sido posible llegar hasta este punto.

A nuestros amigos, gracias por su compañía en este caminar y por hacer que cada día fuera mejor.

A los profesores que nos han permitido acumular conocimiento para el futuro y que nos permiten ser profesionales de calidad. En especial a Olga Sánchez que se ha empeñado para que este proyecto resultara de la mejor manera.

Además, a David Meléndez por darnos la oportunidad y al doctor Roger Vargas por su paciencia y por recibirnos en el hospital, enseñarnos detalles y demostrando que vale la pena hacer esfuerzos extras para ayudar a la niñez de Costa Rica.

# Resumen

# Abstract

## Resumen

Desarrollo del diseño de una órtesis activa dinámica para la movilidad asistida de miembros superiores, cuando niños de 3 a 6 años tengan poca capacidad o ninguna de mover los brazos, permitiéndoles mantener una posición y oscilar en ella.

## Abstract

Design development active dynamic orthosis for assisted mobility of superior members, when children 3 to 6 years with little or no ability to move their arms, allowing them to maintain a position and oscillate in it.

## Palabras claves

Órtesis activa dinámica, Ayuda Técnica, Impresión 3D, MOSI.



# Índice general

Dedicatoria	3	Observación de visitas al HNN	35	Boa Closure System	67
Agradecimientos	3	Planteamiento del proyecto	37	Conclusiones de lo existente	68
Resumen	4	Problema	38	Vocabulario visual	69
Abstract	4	Perfil de usuario	39	Objetos referenciales de perillas	69
Índice general	5	Justificación	40	Objetos referenciales para sistema de seguridad	69
Índice de figuras	7	Importancia del movimiento	40	Objetos referenciales sistema de ajuste y sujeción al cuerpo	70
Introducción	9	Rango de edades	41	Objetos referenciales retículas en impresión 3D	71
Antecedentes	10	Rango de crecimiento	42	Objetos referenciales uniones y componentes estándar	72
Avant BioMedical, empresa	11	Aspectos jurídicos y económicos	43	Objetos referenciales mecánicos	73
Hospital Nacional de Niños, sector público	12	Objetivos	44	Análisis perceptual	74
Alianza, sector público - empresa	13	Alcances y limitaciones	45	Análisis de personajes	75
Estadísticas en Costa Rica	14	Desarrollo de la investigación	46	Superhéroes	75
Presupuesto C.C.S.S.	15	Análisis de funcionamiento	47	Hadas y princesas / príncipes	76
Marco metodológico	16	Árbol de funciones	47	Humanos	77
Metodología	17	Sistemas y subsistemas	48	Extraterrestres	78
Cronograma	18	Análisis de Involucrados	49	Conclusiones	79
Marco teórico	19	Análisis antropométrico	50	Análisis de disfraces	80
Posibles patologías	20	Percentiles	50	Análisis de juguetes	81
Patologías base	24	Puntos somatométricos	54	Moodboard juguetes	81
Anatomía del brazo	25	Análisis biomecánico	55	Conclusiones	82
Huesos	25	Entrevista terapeuta física	55	Análisis de sondeo	83
Músculos	25	Actividades	56	Conclusiones de dibujo	88
Nervios del plexo braquial	26	Análisis de lo existente	59	Análisis cromático	89
Glándulas sudoríparas	26	Magic Arms	59	Psicología del color	89
Articulaciones del brazo	27	WREX	60	Conclusiones de color	90
Generalidades de órtesis	28	Deus Ex's bionic limbs	61	Análisis de cuentos	91
Leyes biomecánicas	29	Infant Elbow Extension	62	Moodboard de cuentos para niños de 0 a 6 años	91
Principios físicos	30	Alex Czech's 3D Printable	63		
Normas de seguridad	31	Titan Arm	64		
Diseño emocional	32	Airy Arm	65		
Manufactura	33	Spine Ergo BUG Armor	66		

# Índice general

Conclusiones	92	Modelos previos de validación	116	Proceso de manufactura	177
Análisis tecnológico	93	Parte 1	117	Flujograma	177
Electromiografía	93	Parte 2	119	Aportes del proyecto	178
Corte por control numérico	94	Parte 3	121	Conclusiones y recomendaciones	180
Computarizado (CNC)		Parte 4	124	Conclusiones	181
Moldeo por Inyección	94	Parte 5	127	Recomendaciones	182
Sobremoldeo	94	Parte 6	130	Bibliografía	183
Modelado por deposición fundida (FDM)	95	Parte 7	133	Anexos	185
PolyJet: inyección de material	95	Elemento elástico, fuerza para soportar peso	136		
Polimerización textil	95	Elemento elástico, subsistema de angulación	137		
Análisis de materiales	96	Propuesta final	138		
Necesidades, requisitos y especificaciones de diseño	97	Integrada	139		
Síntesis fundamentos pertinentes	99	Partes	141		
Estructura de la información	100	Interacción niño - órtesis	142		
Definición del concepto	101	Posiciones permitidas según actividades	144		
Concepto de diseño	102	Posibilidades de uso	145		
Arquitectura	103	Simpatización y aceptación	146		
Desarrollo de alternativas	104	Subsistemas de órtesis	148		
Líneas de evolución	105	Subsistema Chasis	149		
Propuestas funcionales por subsistemas	105	Subsistema Ajuste	150		
Propuestas estéticas	107	Subsistema Angulación	151		
Selección de la propuesta	108	Subsistema Articulación	152		
Matriz de selección	109	Modelo	153		
Propuestas funcionales	109	Fotos y detalles	154		
Esquema de propuestas completas	113	Validaciones finales	155		
Diseño emocional	114	Análisis de esfuerzos en SolidWorks	156		
Desarrollo de personajes	114	Centro de masa	157		
Desarrollo del cuento	115	Cuaderno técnico	158		
		Costos	175		

# Índice de figuras

Figura 1. Empresa	11	Figura 29. Órtesis	28	Figura 59. Deus Ex's bionic limbs	61
Figura 2. Hospital	12	Figura 30. Diagramas de fuerza	30	Figura 60. Infant Elbow Extension Dynasplint® System	62
Figura 3. Alianza	13	Figura 31. Normas de seguridad	31	Figura 61. Alex Czech's 3D Printable Exoskeleton Arms	63
Figura 4. Gráfico: Pacientes atendidos 2015	14	Figura 32. Diseño emocional	32	Figura 62. Titan Arm	64
Figura 5. Gráfico: Presupuesto de ayudas técnicas 2016	15	Figura 33. Productos	33	Figura 63. Airy Arm	65
Figura 6. Fases	17	Figura 34. Sistemas de fabricación	34	Figura 64. Spine Ergo BUG Armor	66
Figura 7. Semanas	18	Figura 35. Hospital Nacional de Niños	35	Figura 65. Boa® Closure System	67
Figura 8. PBO	20	Figura 36. Impresora 3D en Unidad de Fisiatría	36	Figura 66. Conclusiones de lo existente	68
Figura 9. Parálisis Braquial Traumática	20	Figura 37. Problemática	38	Figura 67. Perillas	69
Figura 10. Espondillitis Cervical	20	Figura 38. Usuario	39	Figura 68. Seguridad	69
Figura 11. Esclerosis Lateral Amiotrófica	20	Figura 39. Importancia del movimiento.	40	Figura 69. Ajuste y sujeción	70
Figura 12. AME	21	Figura 40. Rango de edades	41	Figura 70. Retículas	71
Figura 13. AMC	21	Figura 41. Gráfico: Rango de edades	42	Figura 71. Uniones	72
Figura 14. Contractura Isquémica de Volkmann	21	Figura 42. Aspectos jurídicos y económicos	43	Figura 72. Mecanismos	73
Figura 15. Síndrome Compartimental	21	Figura 43. Objetivos	44	Figura 73. Psicopedagogía	74
Figura 16. Traumatismo de la Médula Espinal	22	Figura 44. Alcances y limitaciones	45	Figura 74. Superhéroes	75
Figura 17. SGB	22	Figura 45. Árbol de funciones	47	Figura 75. Hadas y princesas / príncipes	76
Figura 18. Distrofia Muscular de Becker	22	Figura 46. Sistema y subsistemas	48	Figura 76. Humanos	77
Figura 19. Miopatía Congénita	23	Figura 47. Involucrados	49	Figura 77. Extraterrestres	78
Figura 20. DMD	23	Figura 48. Antropometría 1	50	Figura 78. Conclusiones vestimentas	79
Figura 21. Hipotonía Congénita	23	Figura 49. Antropometría 2	51	Figura 79. Disfraces	80
Figura 22. Esclerosis Múltiple	23	Figura 50. Antropometría 3	52	Figura 80. Juguetes	81
Figura 23. Aspectos en común	24	Figura 51. Antropometría 4	53	Figura 81. Conclusiones juguetes	82
Figura 24. Huesos extremidad superior, vista anterior	25	Figura 52. Puntos somatométricos a utilizar	54	Figura 82. Gráfico: Género	83
Figura 25. Músculos extremidad superior, vista anterior	25	Figura 53. Entrevista con terapeuta física	55	Figura 83. Gráfico: Superficie	83
Figura 26. Nervios del plexobraquial	26	Figura 54. Jugar con tucos en mesa	56	Figura 84. Gráfico: Acabado	83
Figura 27. Glándulas ecrinas	26	Figura 55. Pintar con las manos en la pared de pie	57	Figura 85. Gráfico: Colores	83
Figura 28. Articulaciones del brazo	27	Figura 56. Alcanzar objetos	58	Figura 86. Conclusión gráficos 1	83
		Figura 57. Magic Arms	59	Figura 87. Gráfico: Poder	84
		Figura 58. WREX	60	Figura 88. Gráfico:Fábula	84
				Figura 89. Conclusión gráficos 2	84

# Índice de figuras

Figura 90. Gráfico: Película	85	Figura 123. Modelo parte 1	117	Figura 156. MOSI en dos brazos	145
Figura 91. Conclusión gráficos 3	85	Figura 124. Conclusiones modelo parte 1	118	Figura 157. MOSI personalización	146
Figura 92. Gráfico: Trajes	86	Figura 125. Modelo parte 2	119	Figura 158. MOSI simpatización	147
Figura 93. Gráfico: Tipo de personaje	86	Figura 126. Conclusiones modelo parte 2	120	Figura 159. MOSI subsistemas	148
Figura 94. Conclusión gráficos 4	86	Figura 127. Modelo parte 3a	121	Figura 160. MOSI chasis	149
Figura 95. Dibujos niños	87	Figura 128. Modelo parte 3b	122	Figura 161. MOSI ajuste diametral	150
Figura 96. Conclusiones dibujos	88	Figura 129. Conclusiones modelo parte 3	123	Figura 162. MOSI ajuste longitudinal	150
Figura 97. Colores	89	Figura 130. Modelo parte 4a	124	Figura 163. MOSI angulación	151
Figura 98. Combinaciones	90	Figura 131. Modelo parte 4b	125	Figura 164. Tensión cable elástico	151
Figura 99. Cuentos	91	Figura 132. Conclusiones modelo parte 4	126	Figura 165. MOSI articulación	152
Figura 100. Conclusiones cuentos	92	Figura 133. Modelo parte 5	127	Figura 166. MOSI modelo	154
Figura 101. Electromiografía	93	Figura 134. Conclusiones modelo parte 5a	128	Figura 167. Análisis de esfuerzos	156
Figura 102. Resumen tecnologías 1	94	Figura 135. Conclusiones modelo parte 5b	129	Figura 168. Centro de masa	157
Figura 103. Resumen tecnologías 2	95	Figura 136. Modelo parte 6	130	Figura 169. Cuadro: Componentes	159
Figura 104. Materiales	96	Figura 137. Conclusiones modelo parte 6a	131	Figura 170. Ensamble parte 1	172
Figura 105. Cuadro: Necesidades 1	97	Figura 138. Conclusiones modelo parte 6b	132	Figura 171. Ensamble parte 2	173
Figura 106. Cuadro: Necesidades 2	98	Figura 139. Modelo parte 7a	133	Figura 172. Ensamble parte 3	174
Figura 107. Órtesis resumen del análisis	100	Figura 140. Modelo parte 7b.	134	Figura 173. Cuadro: Costos	176
Figura 108. Concepto de diseño	102	Figura 141. Conclusiones modelo parte 7	135	Figura 174. Flujograma	177
Figura 109. Arquitectura	103	Figura 142. Prueba ligas 1	136		
Figura 110. Evolución 1	105	Figura 143. Prueba ligas 2	136		
Figura 111. Evolución 2	106	Figura 144. Prueba ligas 3	137		
Figura 112. Evolución 3	107	Figura 145. MOSI atrás	138		
Figura 113. Cuadro: Matriz 1	109	Figura 146. MOSI vistas varias	139		
Figura 114. Cuadro: Matriz 2	110	Figura 147. MOSI gradientes de diseño	140		
Figura 115. Cuadro: Matriz 3	110	Figura 148. MOSI partes	141		
Figura 116. Cuadro: Matriz 4	111	Figura 149. MOSI forma de uso 1	142		
Figura 117. Cuadro: Matriz 5	111	Figura 150. MOSI forma de uso 2	143		
Figura 118. Cuadro: Matriz 6	112	Figura 151. Actividad 1	144		
Figura 119. Propuesta completa	113	Figura 152. Actividad 2.	144		
Figura 120. Bocetos personajes	114	Figura 153. Actividad 3	144		
Figura 121. Personajes	114	Figura 154. Actividad 4	144		
Figura 122. Desarrollo cuento	115	Figura 155. MOSI un brazo	145		

# Introducción

Se desarrollará el diseño de una órtesis activa dinámica para la movilidad asistida de miembros superiores, cuando niños de 3 a 6 años tengan poca capacidad o ninguna de mover los brazos, permitiéndoles mantener una posición y oscilar respecto a ella, tomando en cuenta aspectos como el de producción económica, nacional y el diseño emocional.

Se hará un recorrido a lo largo del proceso de diseño realizado, empezando por los antecedentes, luego la metodología, marco teórico, desarrollo del concepto y alternativas. Continuando con la selección de la propuesta, modelos previos, propuesta final con sus validaciones, cuaderno técnico, costos y aportes terminando con las conclusiones y recomendaciones obtenidas del proyecto.

## Antecedentes

La iniciativa de la empresa Avant BioMedical de ayudar a la comunidad sumado a las necesidades del Hospital Nacional de Niños con sus posibilidades a nivel tecnológico que posee fueron los motores para que este proyecto se lleve a cabo. Además se partió de los casos que se dan al año en Costa Rica y corresponden a patologías que afectan las extremidades superiores y del presupuesto con el que cuenta el Hospital de Niños cuentan para brindarle ayuda a los pacientes con dichas patologías.

# AVANTBioMedical

## Empresa

Uno de los involucrados e impulsores del proyecto del cual se destacan las siguientes características:

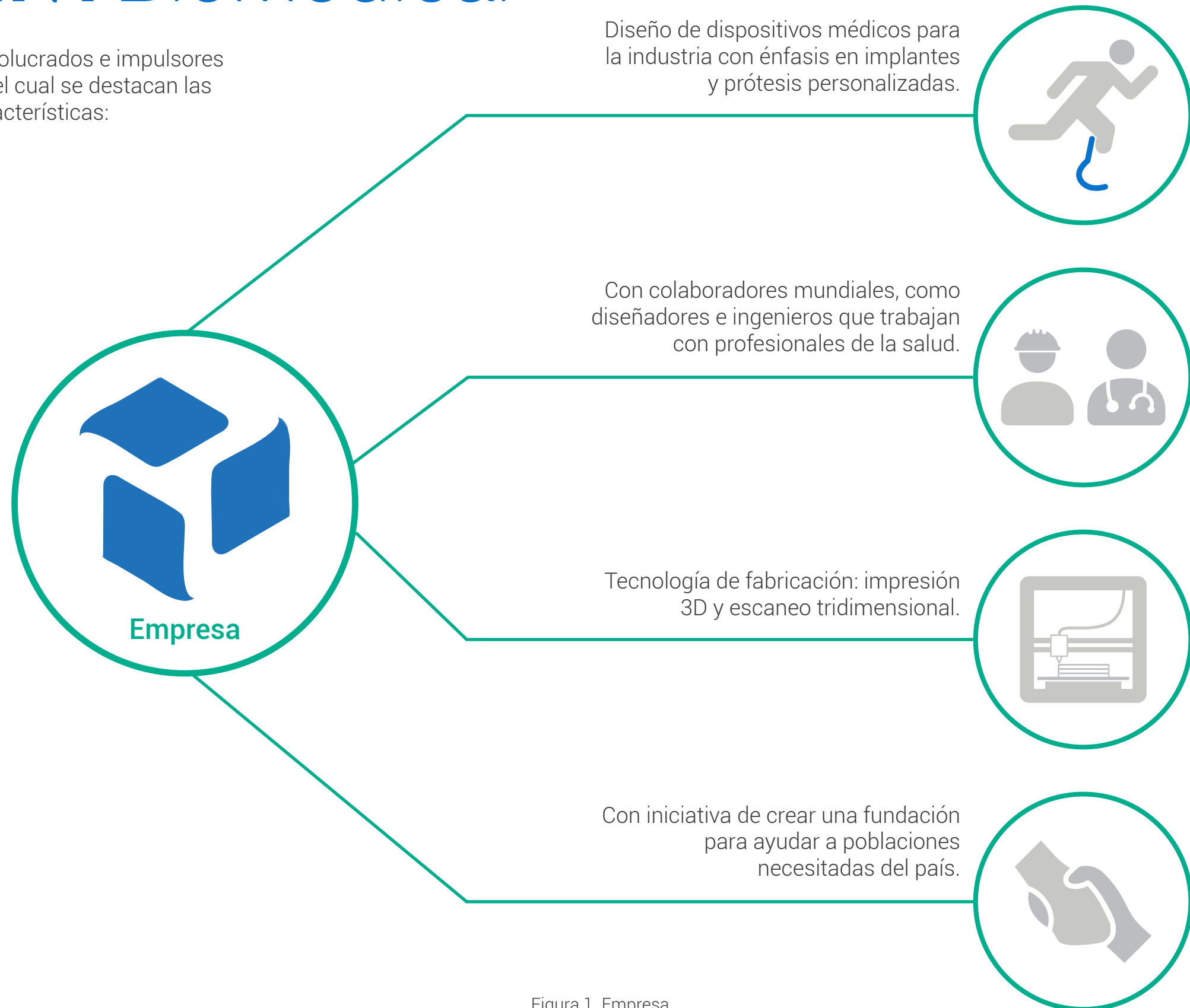


Figura 1. Empresa.

# Hospital Nacional de Niños (HNN)

## Sector público

Otro de los involucrados, el cual recibirá el dispositivo a diseñar, presenta las siguientes características relevantes para el proyecto:

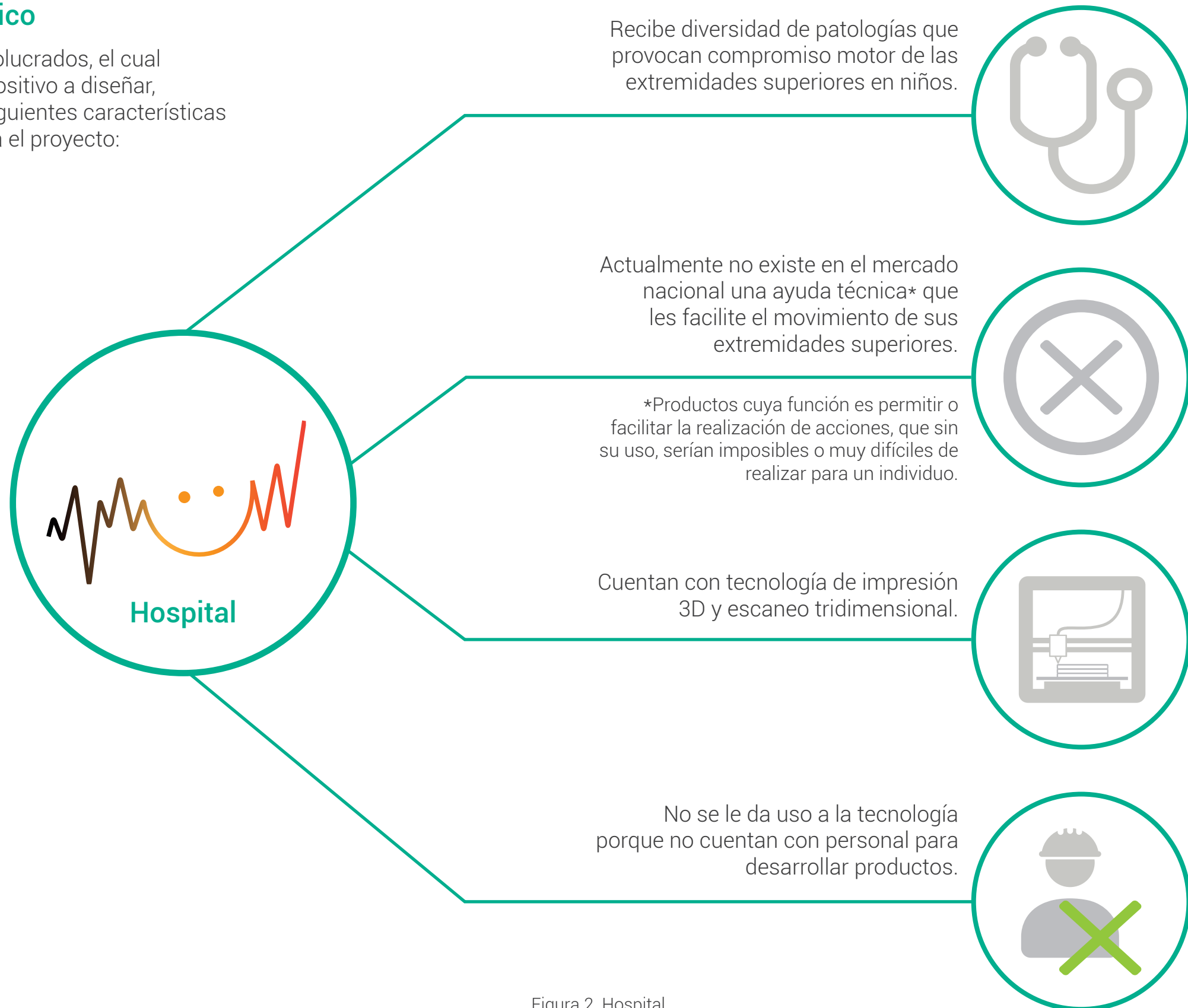


Figura 2. Hospital.



# Alianza

## Sector público - Empresa

Al ver las necesidades y la tecnología del Hospital de Niños, este al querer aprovecharlas y ver los intereses de la empresa Avant BioMedical, que está en busca de servirle a la comunidad con sus conocimientos en dispositivos médicos crean una alianza para beneficio de la mejor calidad de vida de la niñez de Costa Rica. Este proyecto es una de las primeras iniciativas para la innovación.

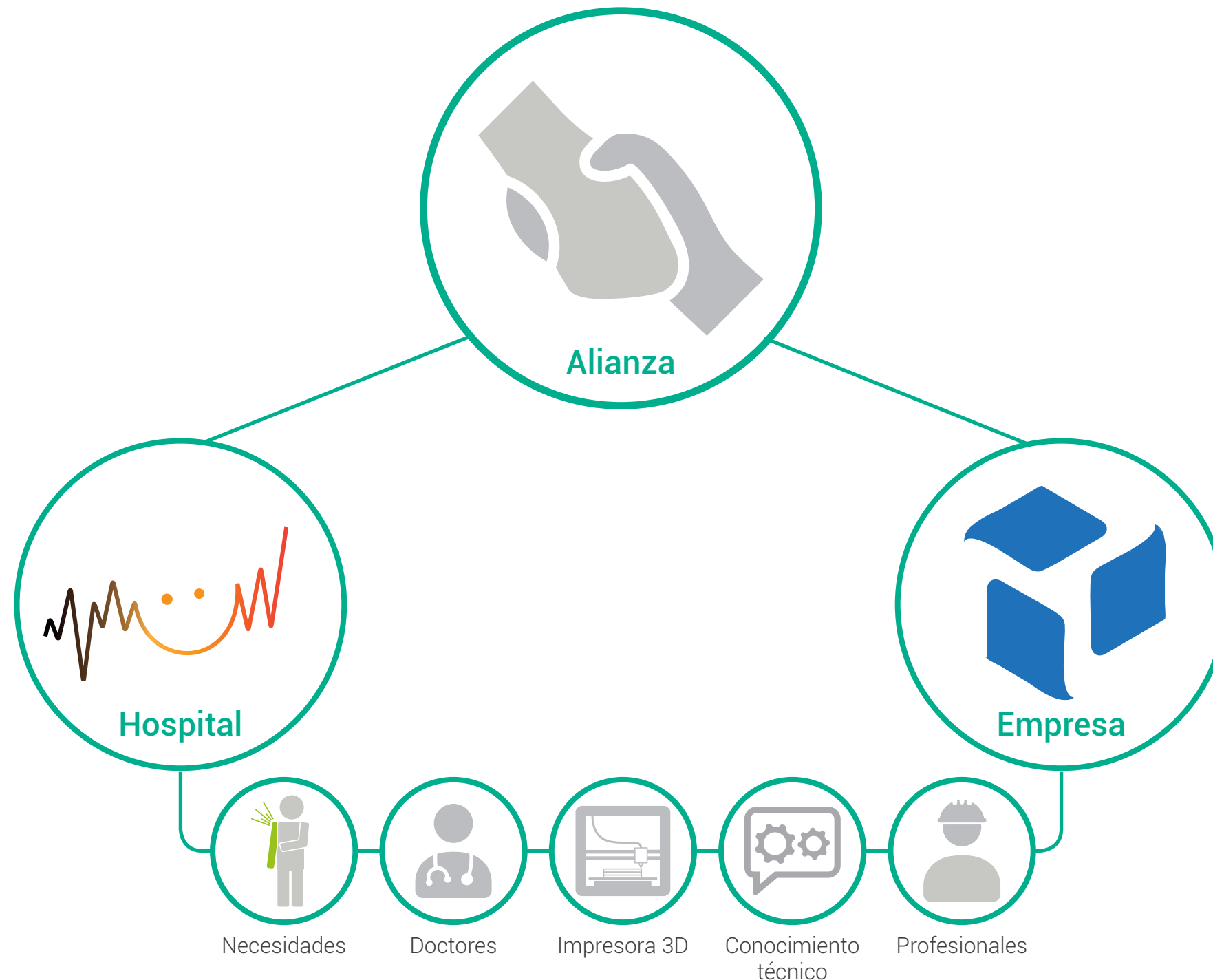


Figura 3. Alianza.

# Estadística en Costa Rica

## Hospital Nacional de Niños

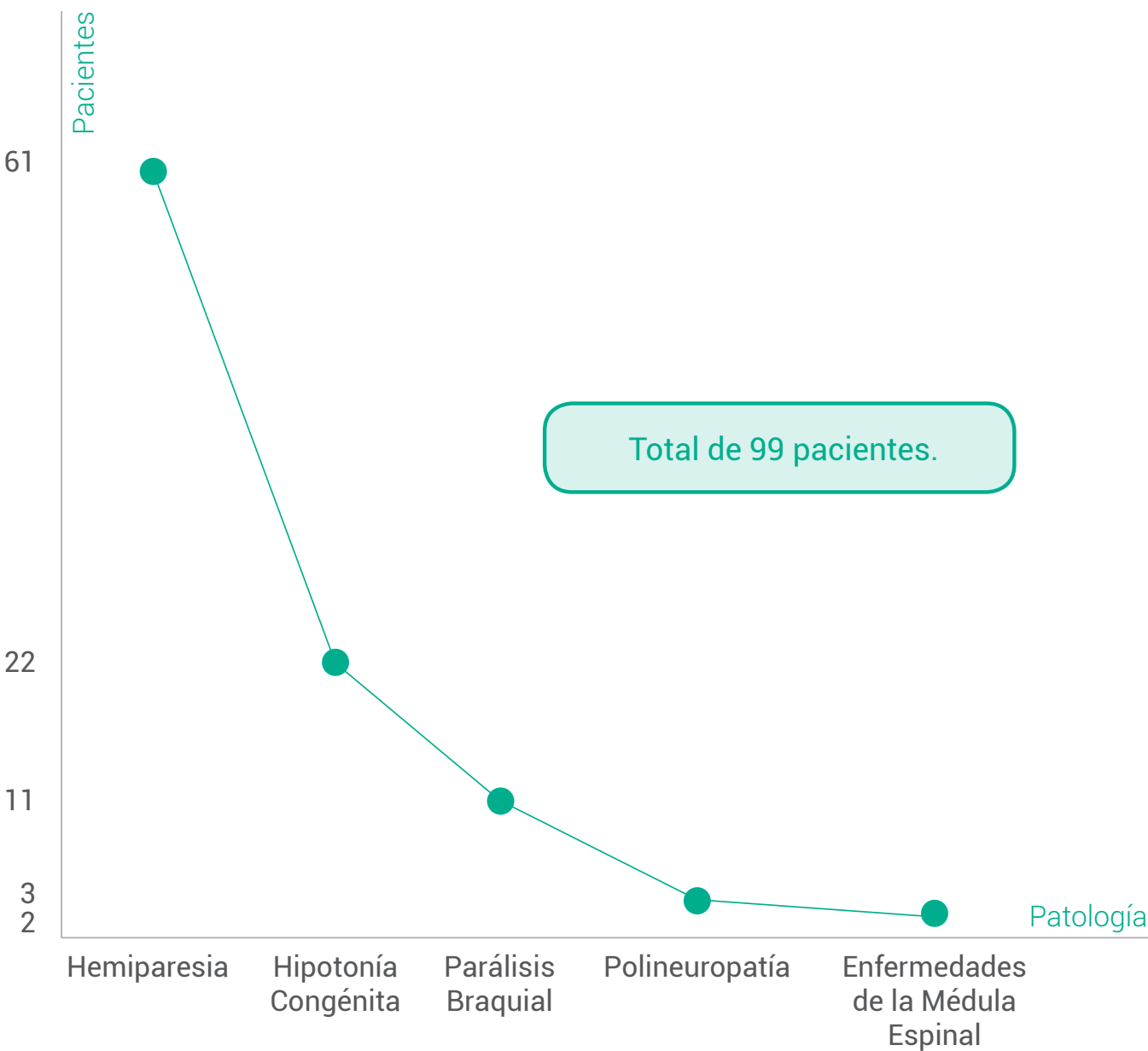
Según el Departamento de Fisiatría del Hospital de Niños, durante el 2015 se atendieron un total de 99 niños con alguna de las patologías en estudio y para los cuales no existe tratamiento.

Entre ellos se encuentran: hemiparesia (disminución de la fuerza motora que afecta el brazo por lesiones cerebrales), hipotonía congénita (disminución de la tensión o tono muscular), parálisis braquial, 3 casos de polineuropatía (afectación en nervios periféricos) y de enfermedades de la médula espinal.

Por ello es importante la realización de un producto que satisfaga las necesidades de estas patologías, ya que en la actualidad no existe y se requieren.

Hospital Nacional de Niños “Dr. Carlos Sáenz Herrera”  
Centro de Ciencias Médicas de la C.C.S.S.

### Registro de Pacientes Atendidos en el Área de Fisiatría Año 2015



Fuente: Dpto. Registros y Estadísticas de Salud, Hospital Nacional de Niños.  
Figura 4. Gráfico: Pacientes atendidos 2015.

# Presupuesto C.C.S.S.

## Hospital Nacional de Niños

Actualmente, la Caja Costarricense del Seguro Social destina parte de su presupuesto para brindar ayudas técnicas a aquellos que lo requieren. Dentro de ese presupuesto, existen 4 rubros que podrían destinarse para la fabricación de órtesis a nivel de brazo, que son:

La órtesis\* corta, que involucra un total de 50 975 colones y la órtesis al tercio, con 83 081 colones. La diferencia entre ambas se encuentra en el largo máximo del dispositivo.

Los cables flexibles articulados, que se refiere a cualquier tipo de estructura tipo cable, utilizado para ejercer una fuerza, y con esto generar un efecto, para lo cual se destinan 118 961 colones.

Y los corset Toracolumbares, que corresponden a prendas rígidas o suaves que se utilizan para moldear la zona del tórax y la zona lumbar, con un monto de 37 492 colones.

Es importante aclarar que los montos a los cuáles se hizo referencia, corresponden al monto unitario, es decir, si el niño requiere una órtesis en cada brazo, el monto destinado se duplica. Además, en caso de que un niño requiera una órtesis, el especialista del hospital es el que determina los rubros del presupuesto que se van a utilizar para su fabricación. Por lo que es posible hacer uso de distintos rubros para construir un mismo objeto, dependiendo de las partes que lo compongan.

\*Es un apoyo u otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético

Hospital Nacional de Niños "Dr. Carlos Sáenz Herrera"  
Centro de Ciencias Médicas de la C.C.S.S.

### Presupuesto de Ayudas Técnicas Año 2016



Fuente: Dpto. Registros y Estadísticas de Salud, Hospital Nacional de Niños.

Figura 5. Gráfico: Presupuesto de ayudas técnicas 2016.

#### Presupuesto para el dispositivo:

- Para uno solo brazo, alrededor de ₡ 120.570
- Ambos brazos, alrededor de ₡203.655

# Marco metodológico

Para el proyecto se cuenta con 16 semanas efectivas, las cuales fueron distribuidas para las diversas fases del proyecto, utilizando la estrategia descrita en breve para su realización y la distribución de tiempo entre las diferentes fases.

# Metodología

La metodología seguida consta de 5 fases: investigaciones previas, investigación a fondo, planteamiento, conceptualización y diseño. Finalizando con las documentaciones pertinentes, a continuación, un esquema de las fases con sus respectivas partes:

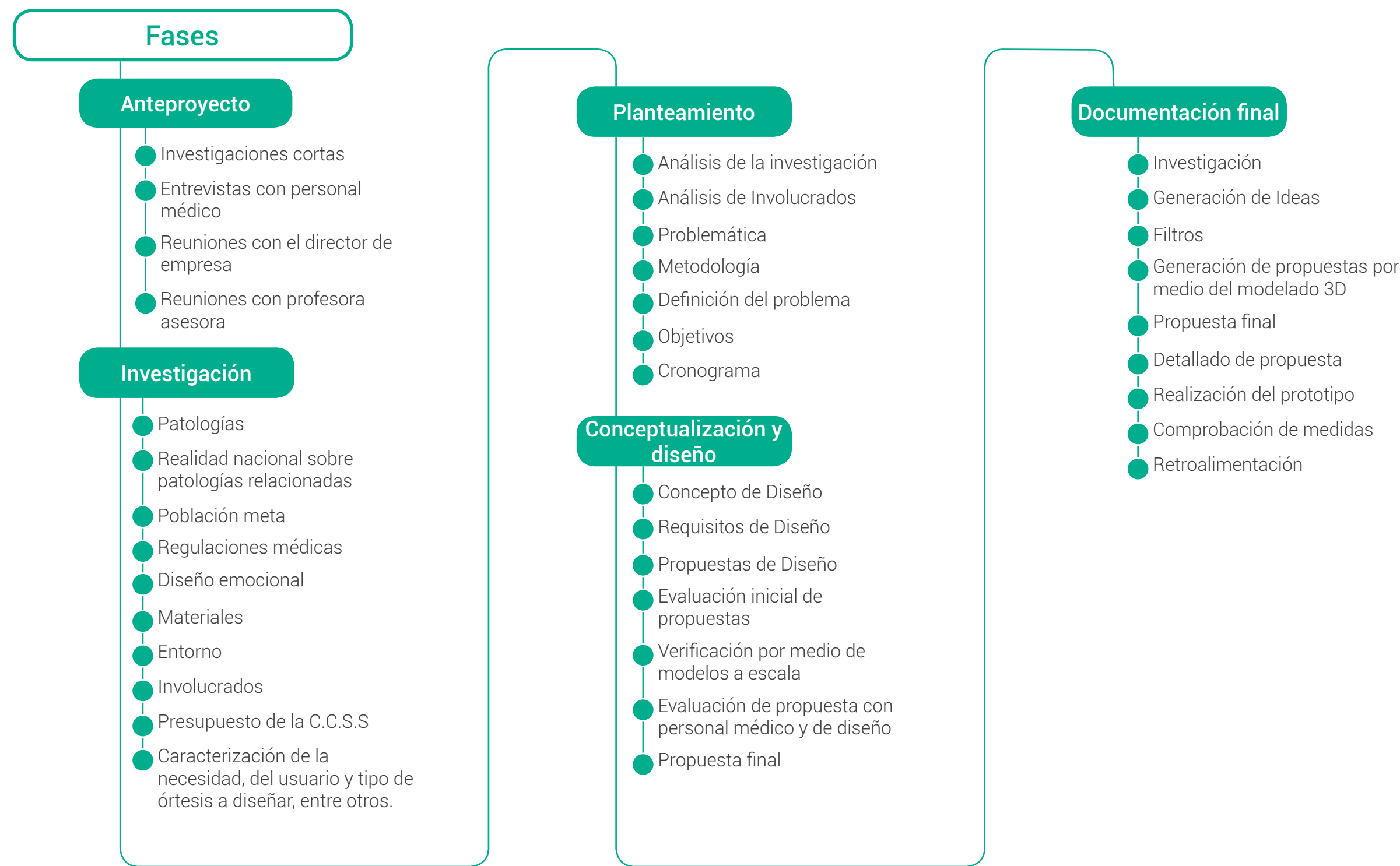


Figura 6. Fases.

# Cronograma

La distribución del trabajo durante las semanas disponibles del proyecto:

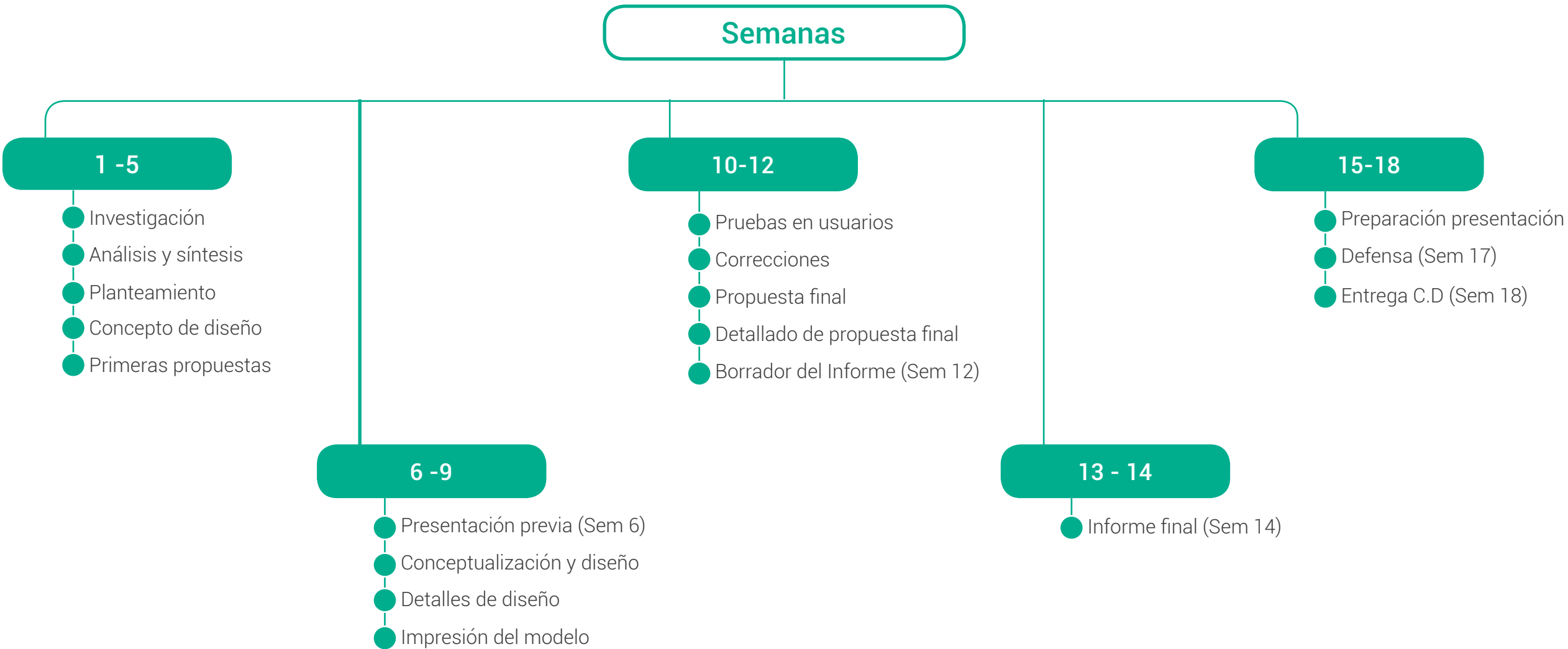


Figura 7. Semanas.

## Marco teórico

Contiene la investigación teórica que fue requerida para el desarrollo del dispositivo como lo son las patologías tomadas en cuenta con el fin de seleccionar las que presentan características en común, la anatomía en relación al miembro afectado por la patología, generalidades de las órtesis a diseñar en donde interactúan leyes biomecánicas y principios físicos con los cuales se debe trabajar. También, se tomaron en cuenta factores como la seguridad, aceptación del producto por medio del diseño emocional, el modo de producción más adecuado para este tipo de producto y las observaciones de las visitas de campo al Hospital Nacional de Niños.

# Posibles patologías

Buscado la mayor funcionalidad, cumpliendo una misma función (movilidad de brazo y antebrazo), se estudiaron patologías que afectan el movimiento del brazo y antebrazo. Se toma en cuenta la edad en que se desarrolla la patología ya que el público meta es la población infantil de Costa Rica. Las patologías que no estén mencionadas, pero que impidan la movilidad del brazo, también podrán ser tratadas mediante el dispositivo.

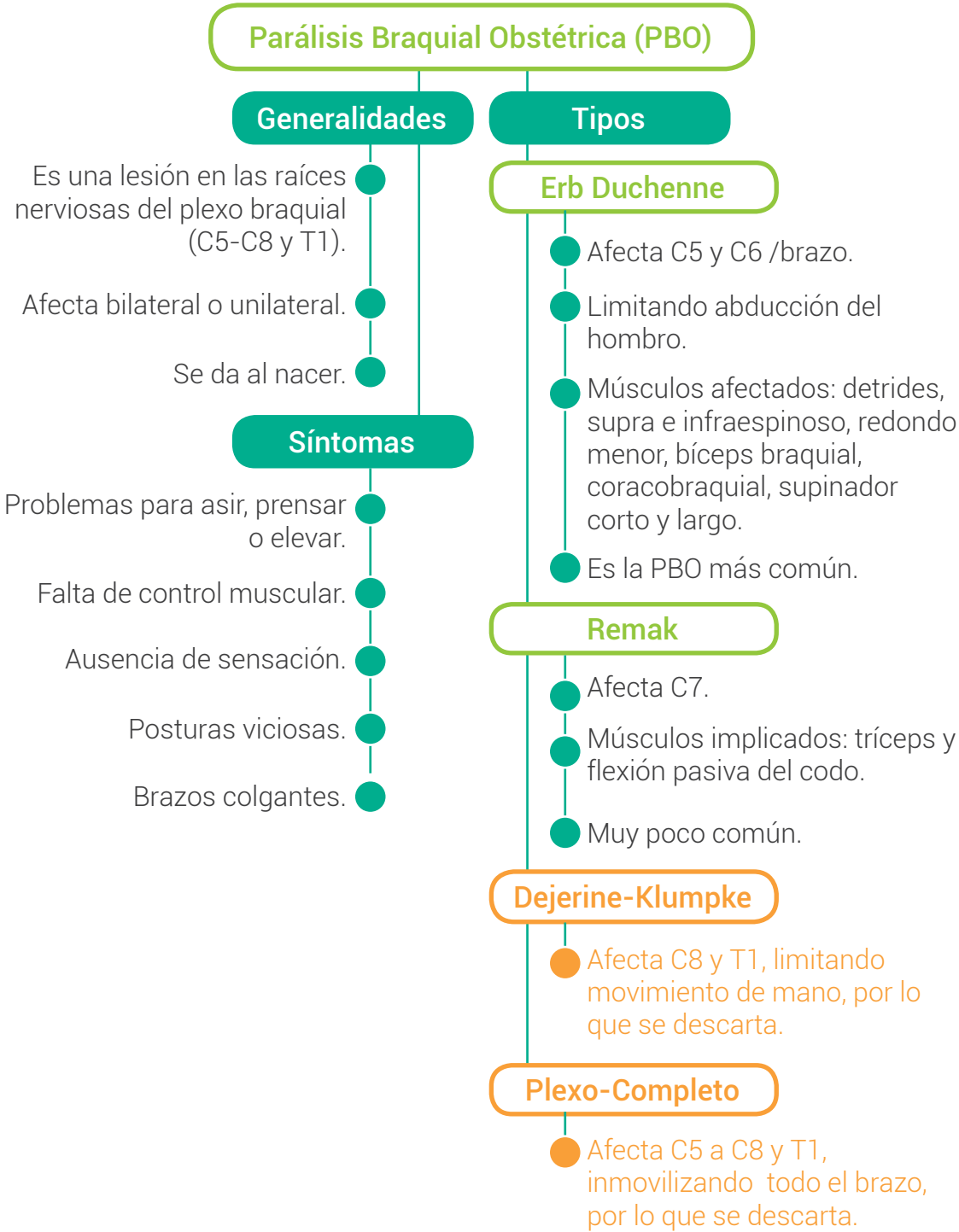


Figura 8. PBO.

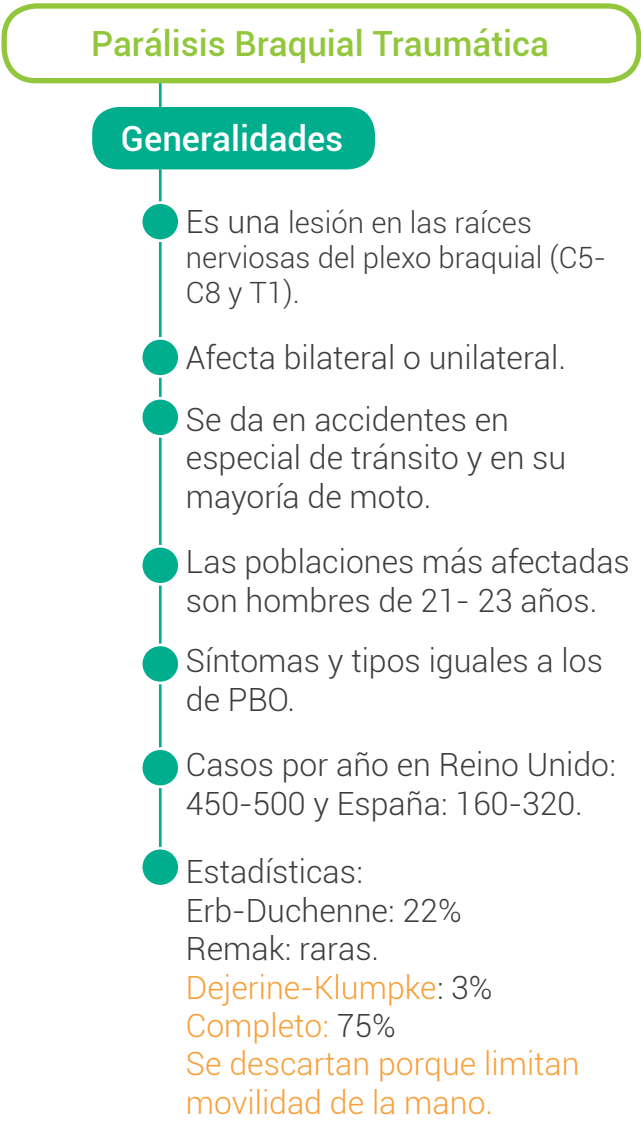
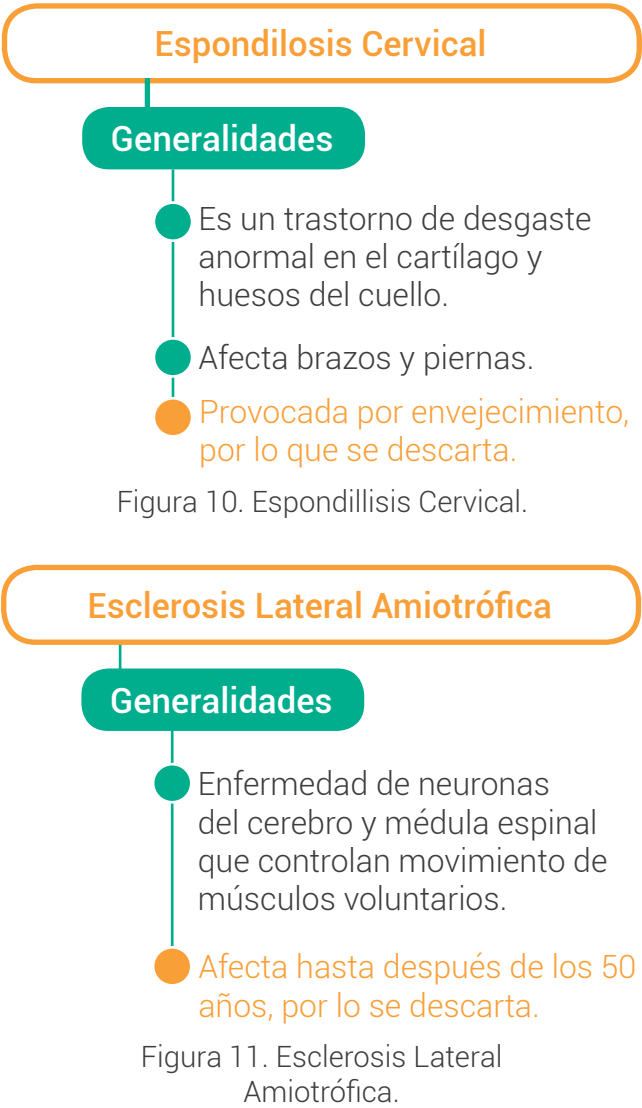


Figura 9. Parálisis Braquial Traumática.



- Patologías para las cuales puede funcionar la órtesis a diseñar.
- Patologías que se descartan, se indica al final, la razón por la cual fue descartada.



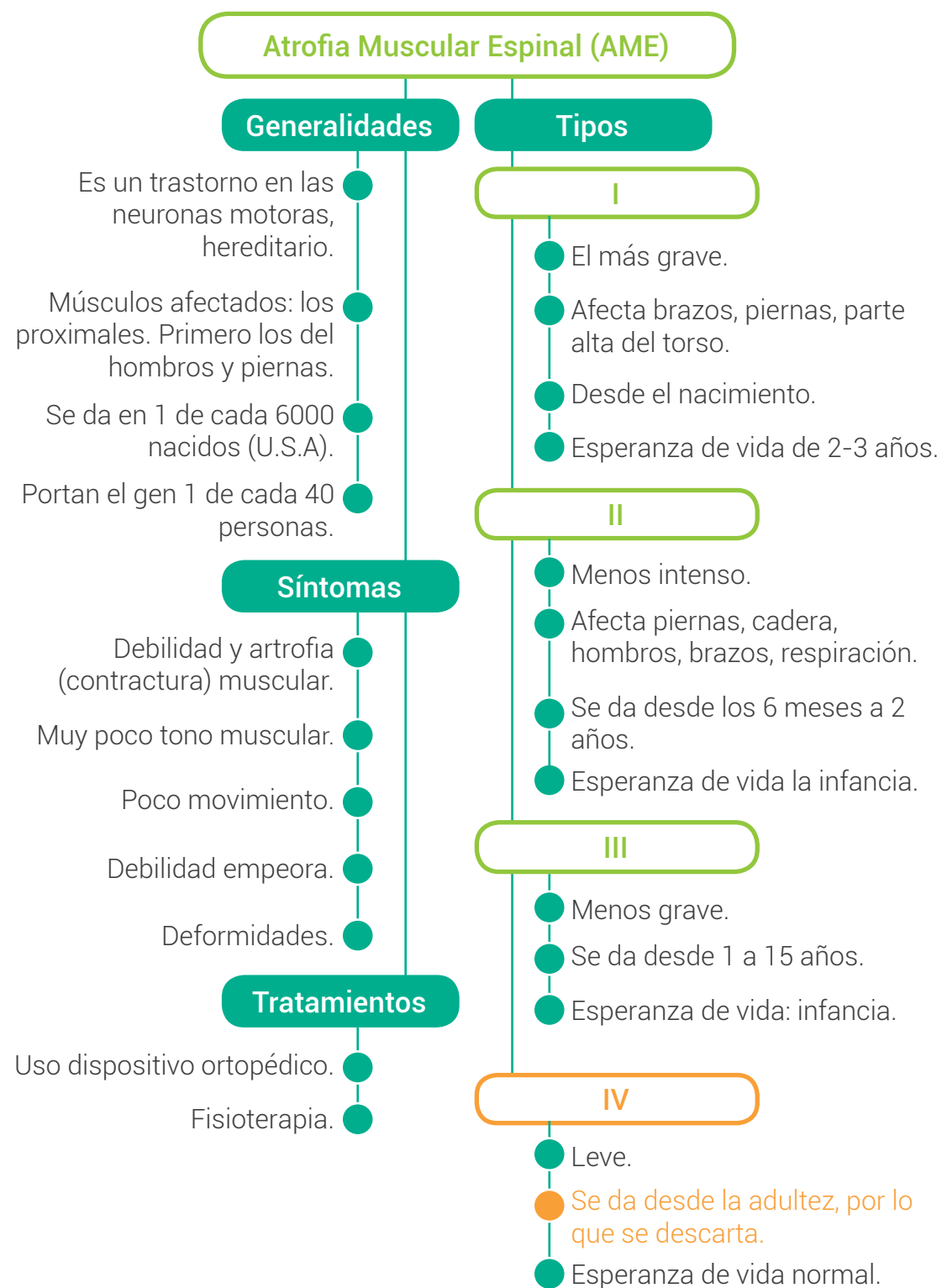


Figura 12. AME.

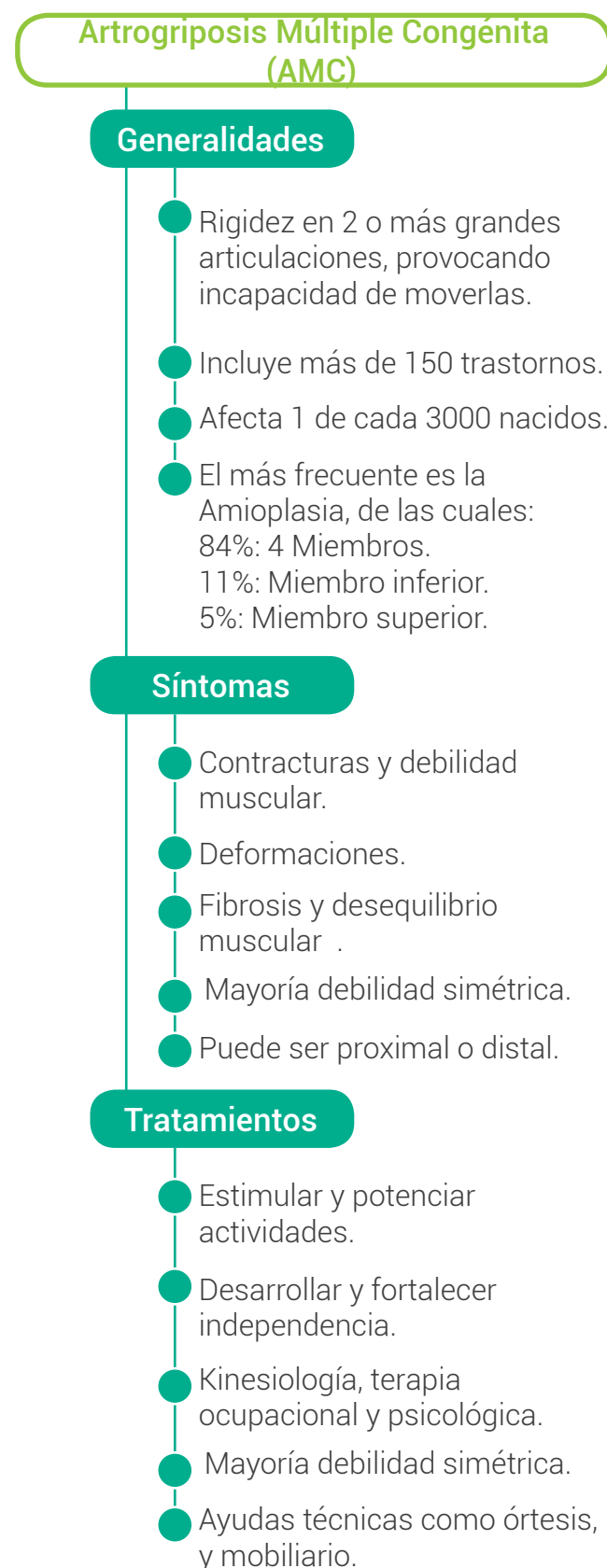


Figura 13. AMC.

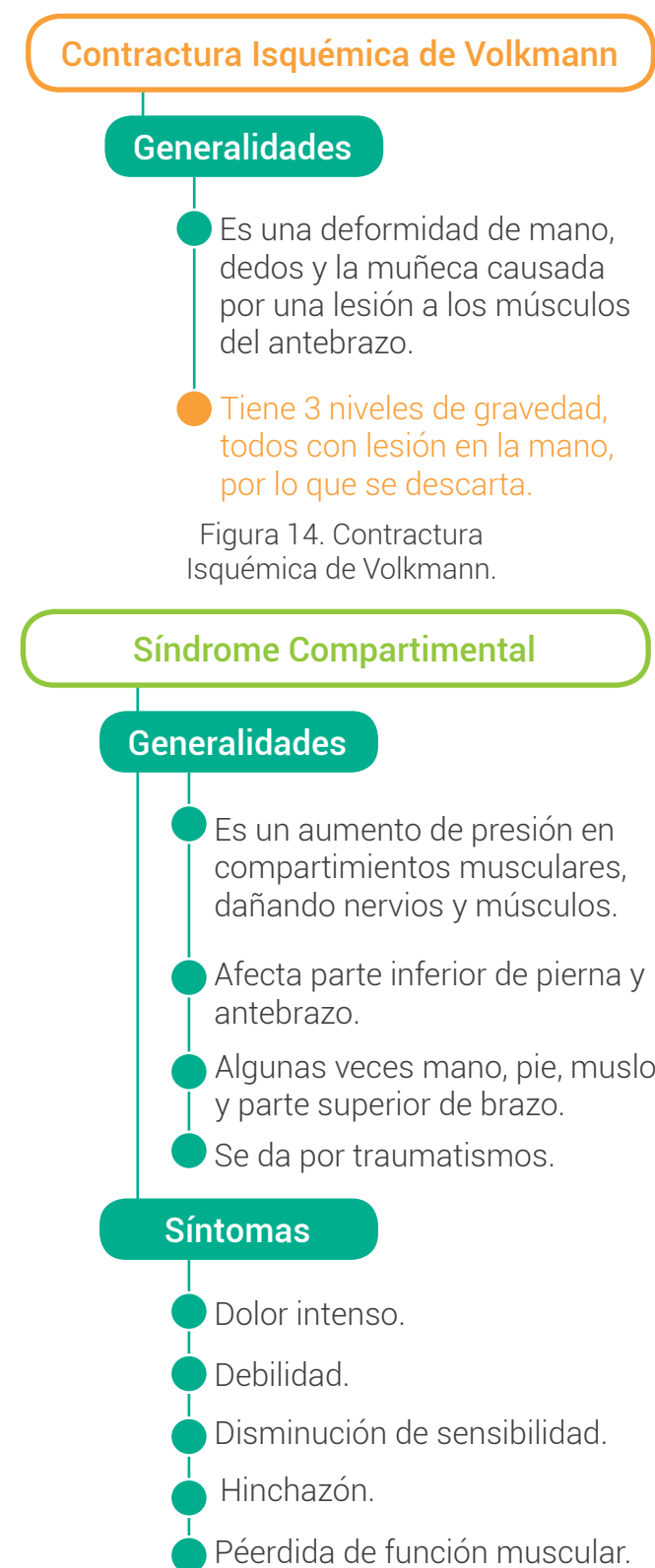


Figura 15. Síndrome Compartimental

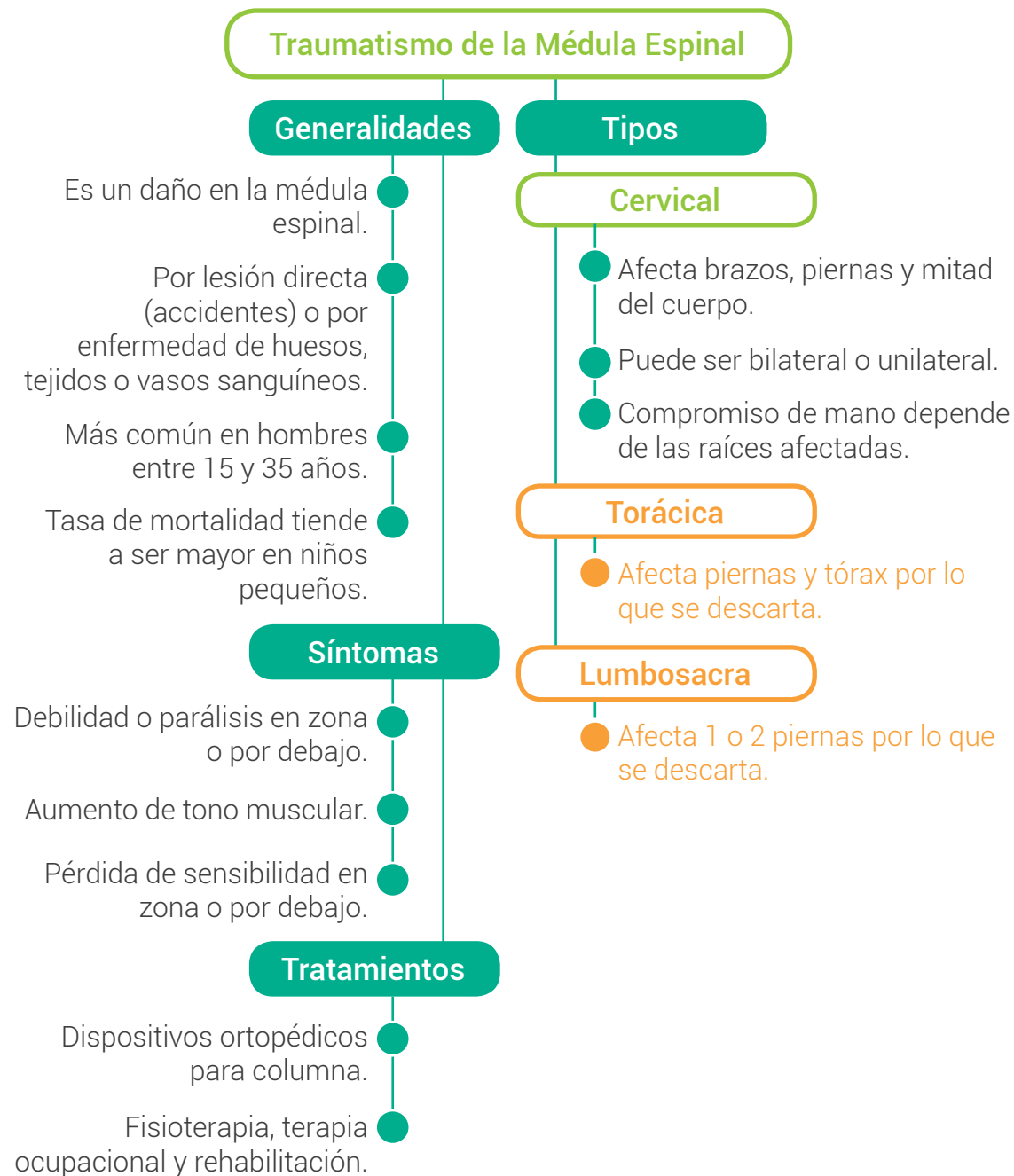


Figura 16. Traumatismo de la Médula Espinal.

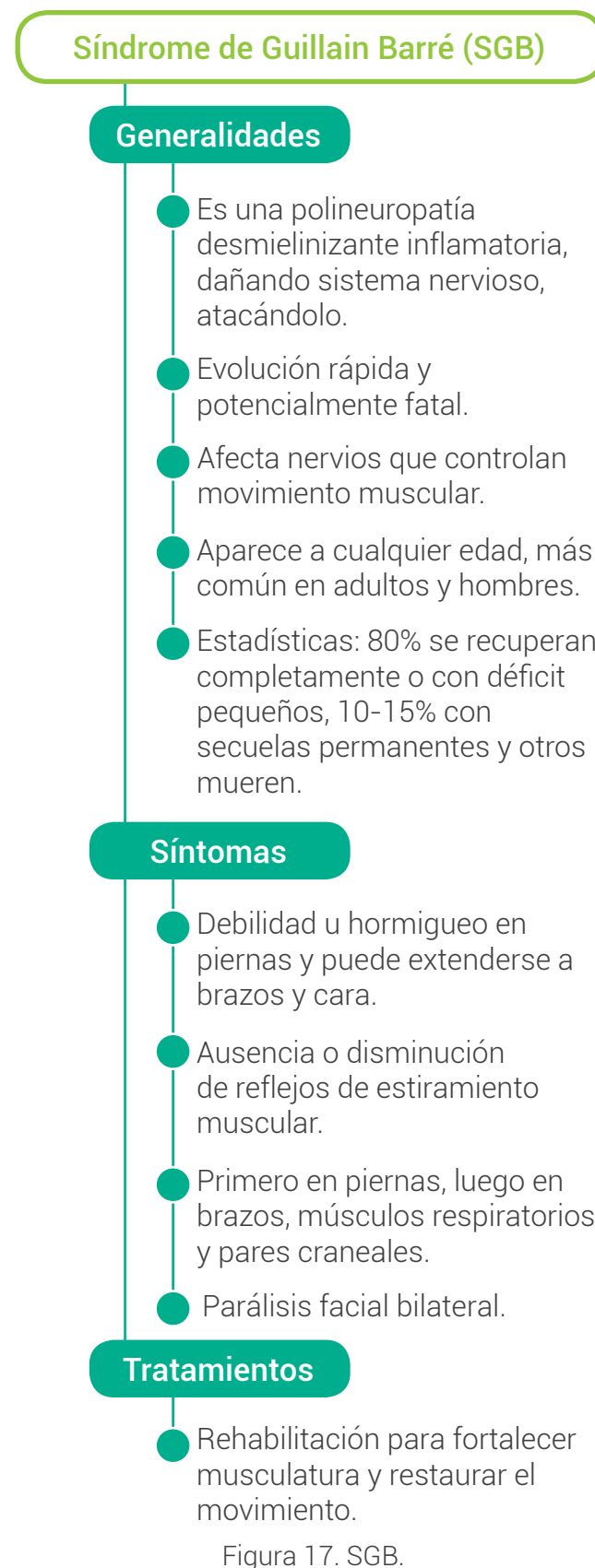


Figura 17. SGB.

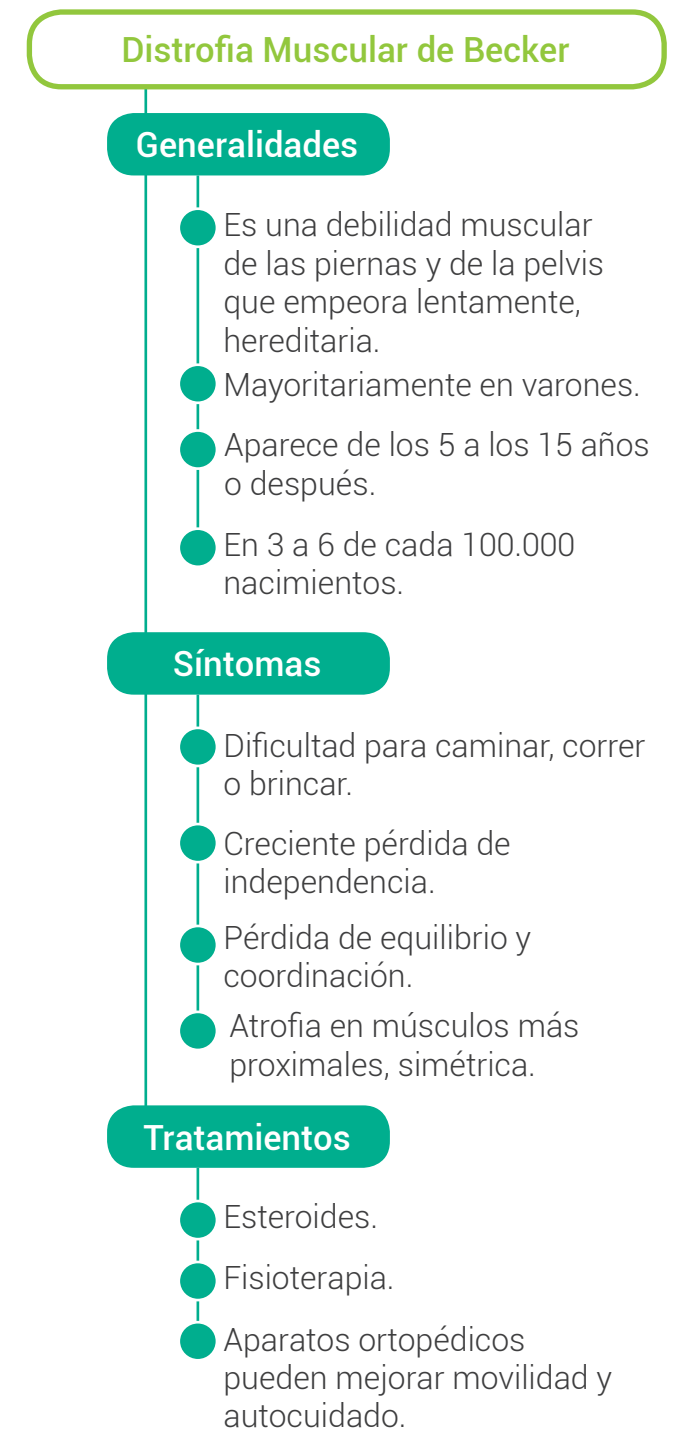


Figura 18. Distrofia Muscular de Becker.

## Miopatía Congénita

### Generalidades

- Es una distrofia muscular que afecta el tejido muscular, hereditaria.
- Se da desde los primeros meses de vida hasta la adolescencia o vida adulta.
- Afecta nervios que controlan movimiento muscular.
- Presente en 0,06 de 1000 nacimientos (España).
- Afecta Cintura, musculatura cervical, proximal.

### Síntomas

- Hipotonía precoz.
- Retraso del desarrollo motor.
- Debilidad muscular de inicio precoz.
- Atrofia muscular.
- Se mueven poco.
- Reflejos osteotendinosos disminuidos o abolidos.

### Tratamientos

- Terapia física.

Figura 19. Miopatía Congénita.

## Distrofia Muscular Congénita de Erb Duchenne (DMD)

### Generalidades

- Es un trastorno que provoca distrofia muscular, hereditaria, simétrica.
- Se da desde la lactancia hasta los 3 años.
- En la adolescencia ya no caminan.
- A los 30 años mueren.
- 1 de cada 3600 varones.

### Síntomas

- Debilidad muscular progresiva: proximal a distal.
- Fatiga.
- Pérdida de masa muscular.
- Contracturas.
- Degradamiento de músculos pantorrilla, glúteos y hombros (4 o 5 años).
- Comienza en piernas y pelvis, con menos gravedad en brazos, cuello y otros.

### Tratamientos

- Esteroides.
- Fisioterapia.
- Estimular actividad muscular.
- Órtesis en prevención de contractura y tobillo-rodilla para prolongar marcha.

Figura 20. DMD.

## Hipotonía Congénita

### Generalidades

- Es una condición donde se disminuye tono muscular de reposo.
- Se da desde el nacimiento, se nota a los 6 meses de edad.
- Músculos: De la cara, tronco o pie, tobillo y abdominales.

### Síntomas

- Debilidad muscular.
- Poco o ningún control de músculos del cuello.
- Brazos y piernas cuelgan hacia abajo.
- Incapacidad para colocar peso sobre piernas u hombros.
- Retrasado en desarrollo de crecimiento motor como alimentarse a sí mismos.

Figura 21. Hipotonía Congénita.

## Esclerosis Múltiple

### Generalidades

- Enfermedad autoinmunitaria que afecta el cerebro y la médula espinal.
- Se tienen problemas para mover brazos y piernas.
- A cualquier edad, pero más a los 20-40 años y a mujeres por lo se descarta aunque sí podría afectar a niños.

Figura 22. Esclerosis Múltiple.

# Patologías base

11 patologías que comparten características podrán verse beneficiadas de la órtesis. A continuación un esquema resumen:

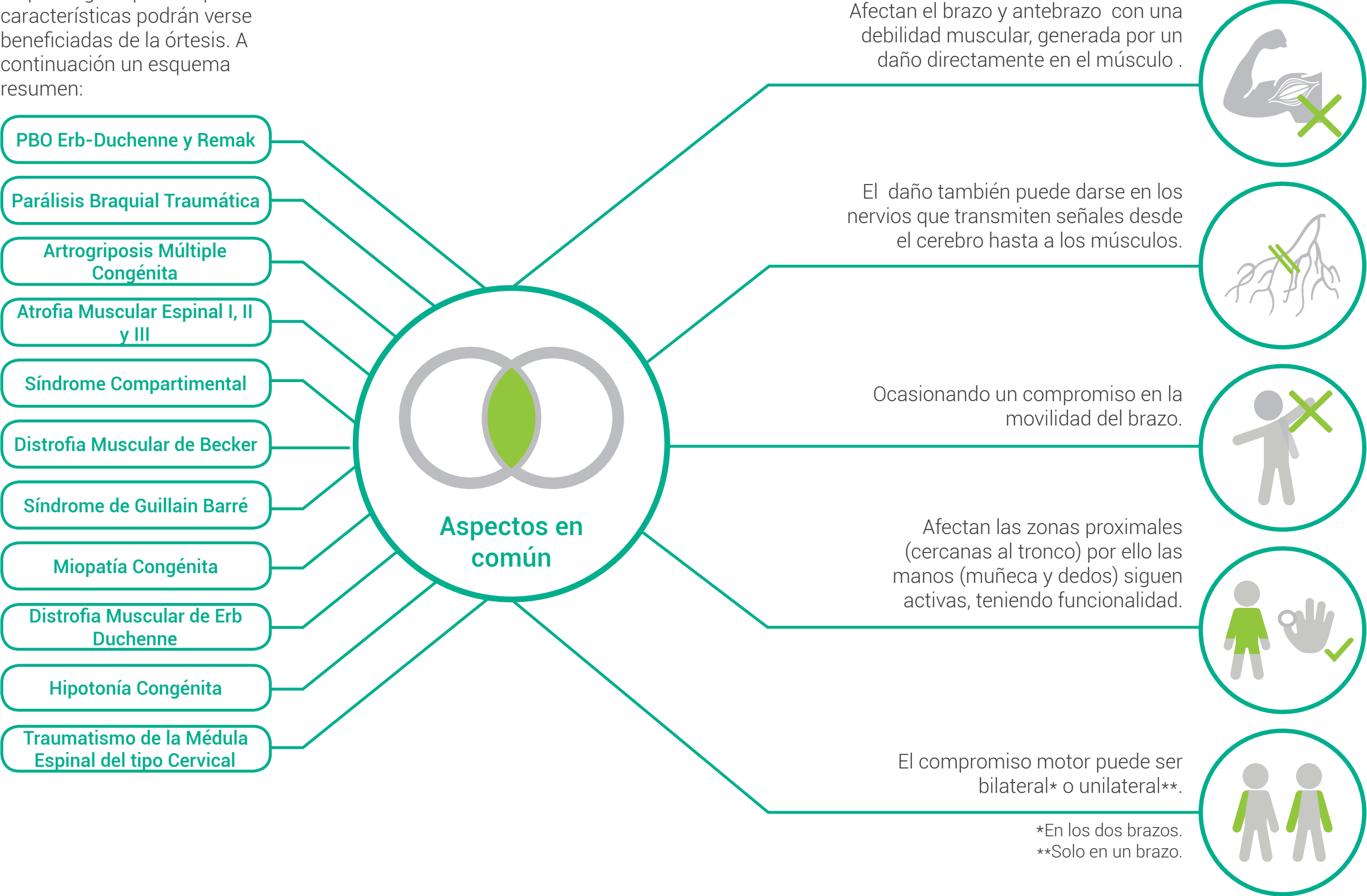


Figura 23. Aspectos en común.

# Anatomía del brazo

Con el fin de conocer el funcionamiento del brazo se reconocen los sistemas que lo integran tanto a nivel óseo, muscular y nervioso, así como las glándulas sudoríparas que se encuentran en el brazo, seguido por las articulaciones que permiten los diferentes movimientos en el brazo.

## Huesos

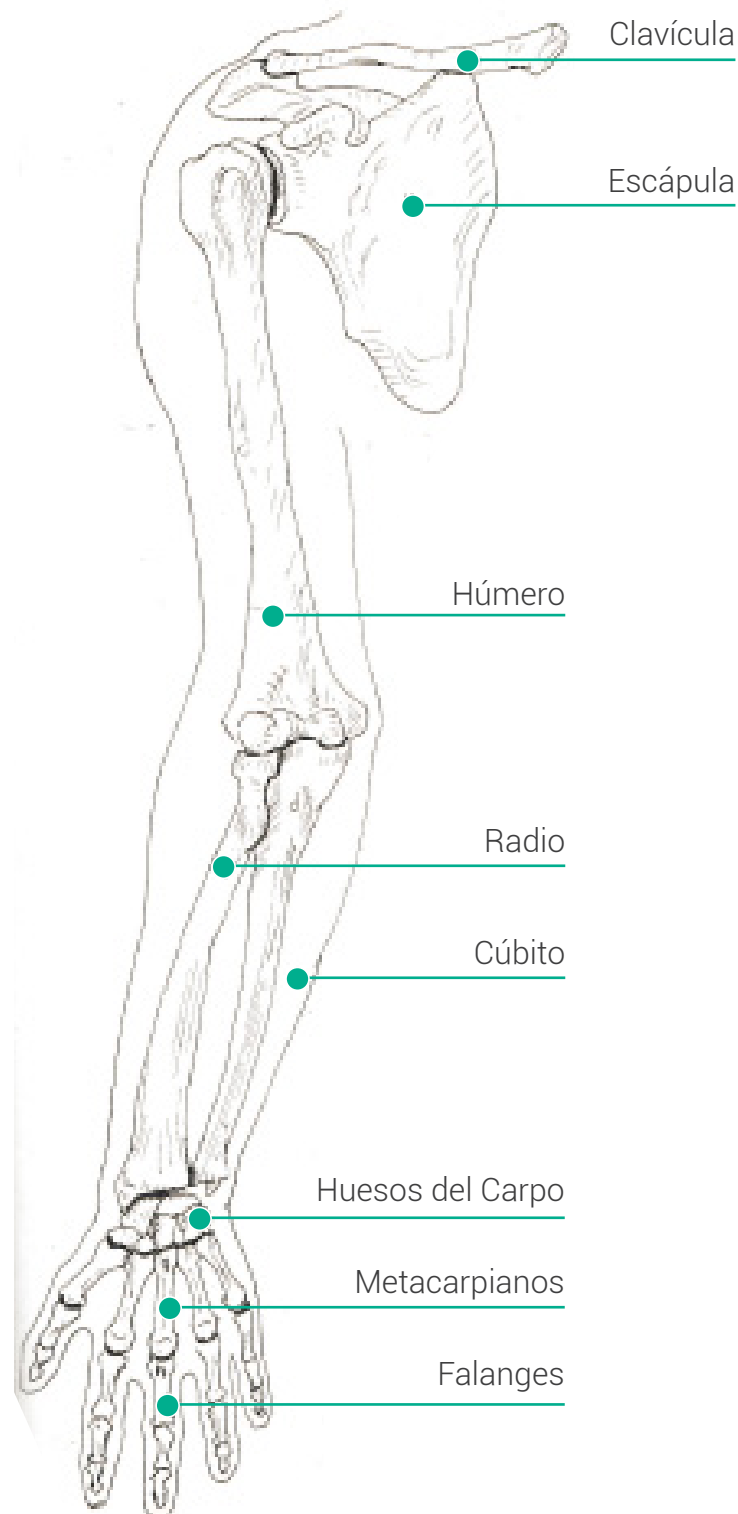


Figura 24. Huesos extremidad superior, vista anterior.

## Músculos

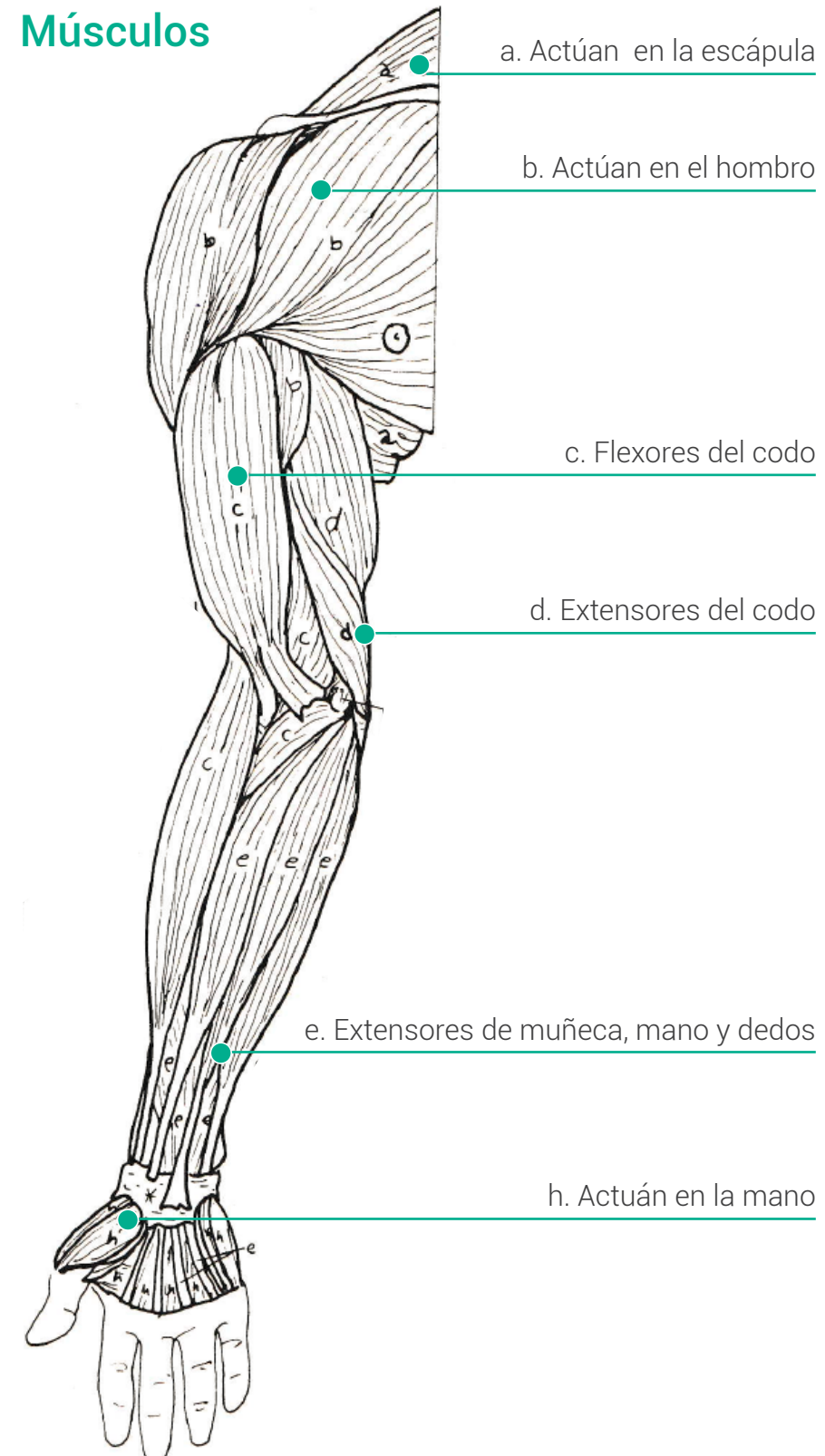


Figura 25. Músculos extremidad superior, vista anterior.



# Anatomía del brazo

## Nervios del plexobraquial

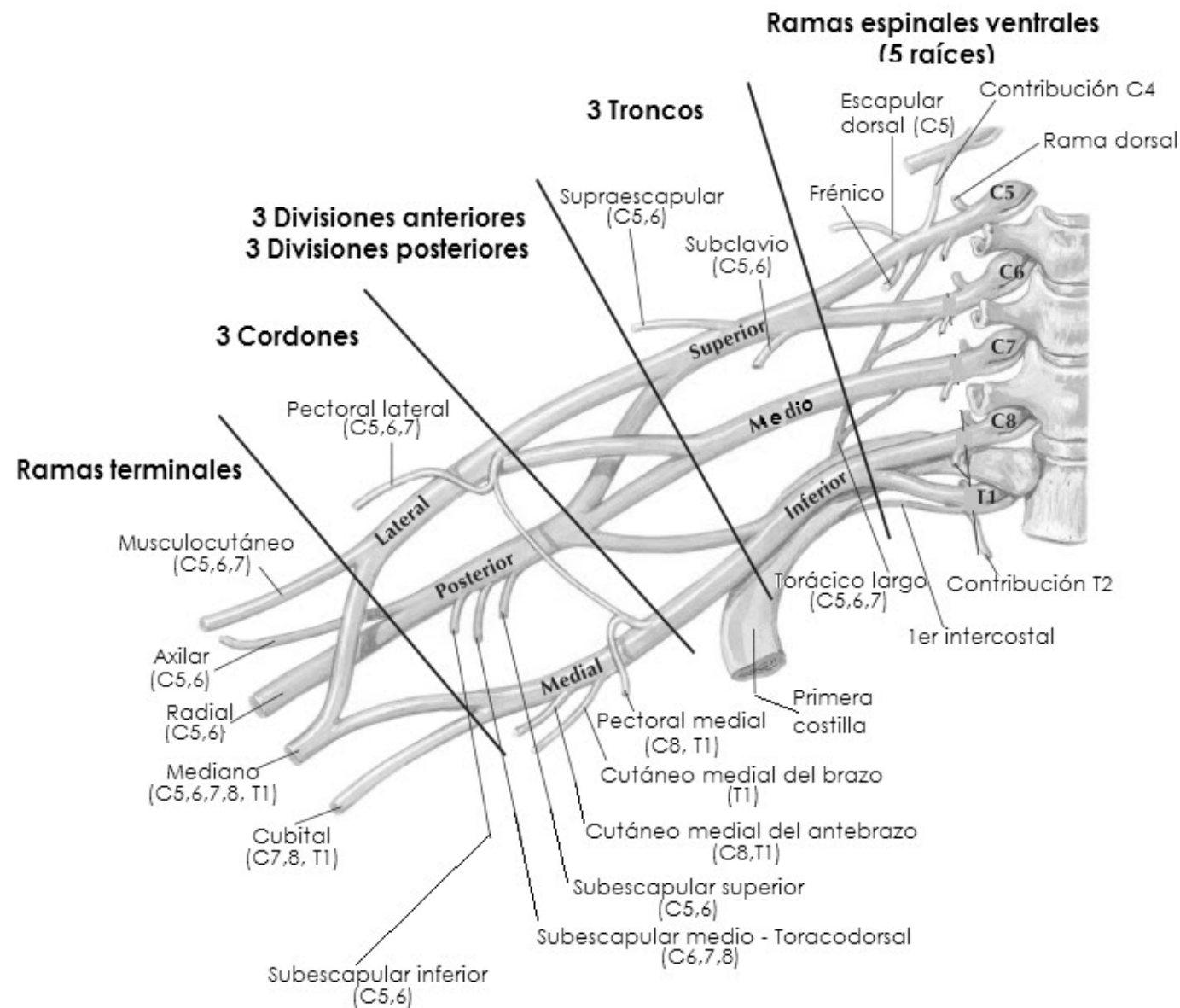


Figura 26. Nervios del plexobraquial.

## Glándulas sudoríparas

Se encuentran en toda superficie cutánea para la regulación de la temperatura y eliminación de residuos (glándulas ecrinas). Algunas zonas presentan una mayor concentración de glándulas ecrinas de las cuales nos interesan las palmas de las manos, superficie flexoras de los dedos y las axilas, las señaladas con verde en la ilustración. (Palastanga et.al., 2000). Además, en los pliegues también tienden a acumular sudoración.

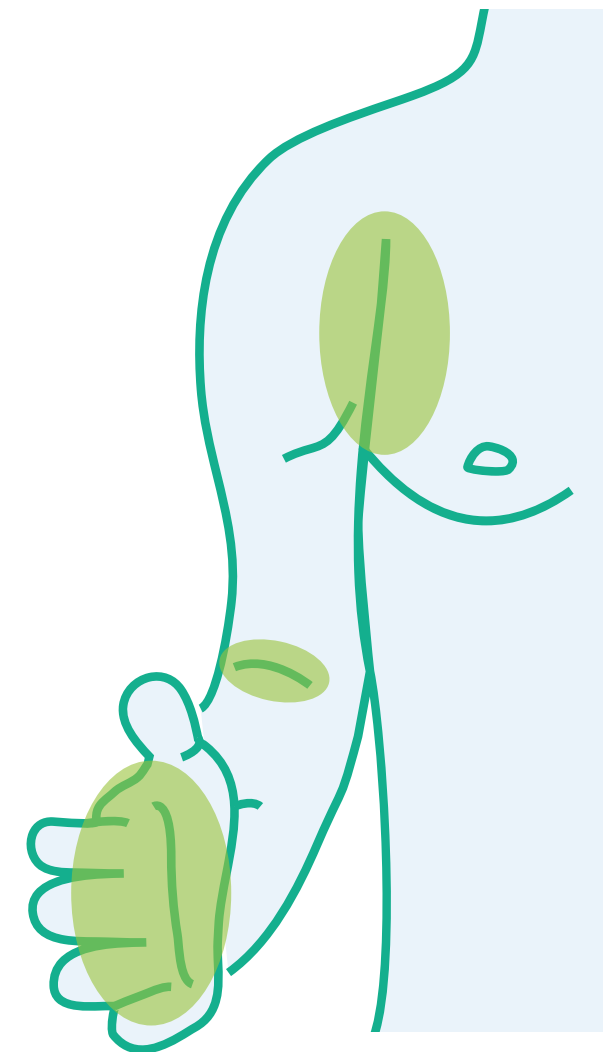


Figura 27. Glándulas ecrinas.

Las zonas de las axilas y los pliegues deben de quedar descubiertos, para otras piezas de grandes superficies se recomienda quitar material para permitir la transpiración.

# Articulaciones del brazo

Las articulaciones del brazo son las que permiten el movimiento del mismo, para con ello luego analizar la biomecánica del brazo al realizar tareas específicas, la información expuesta fue desarrollada por Taboadela, 2007:

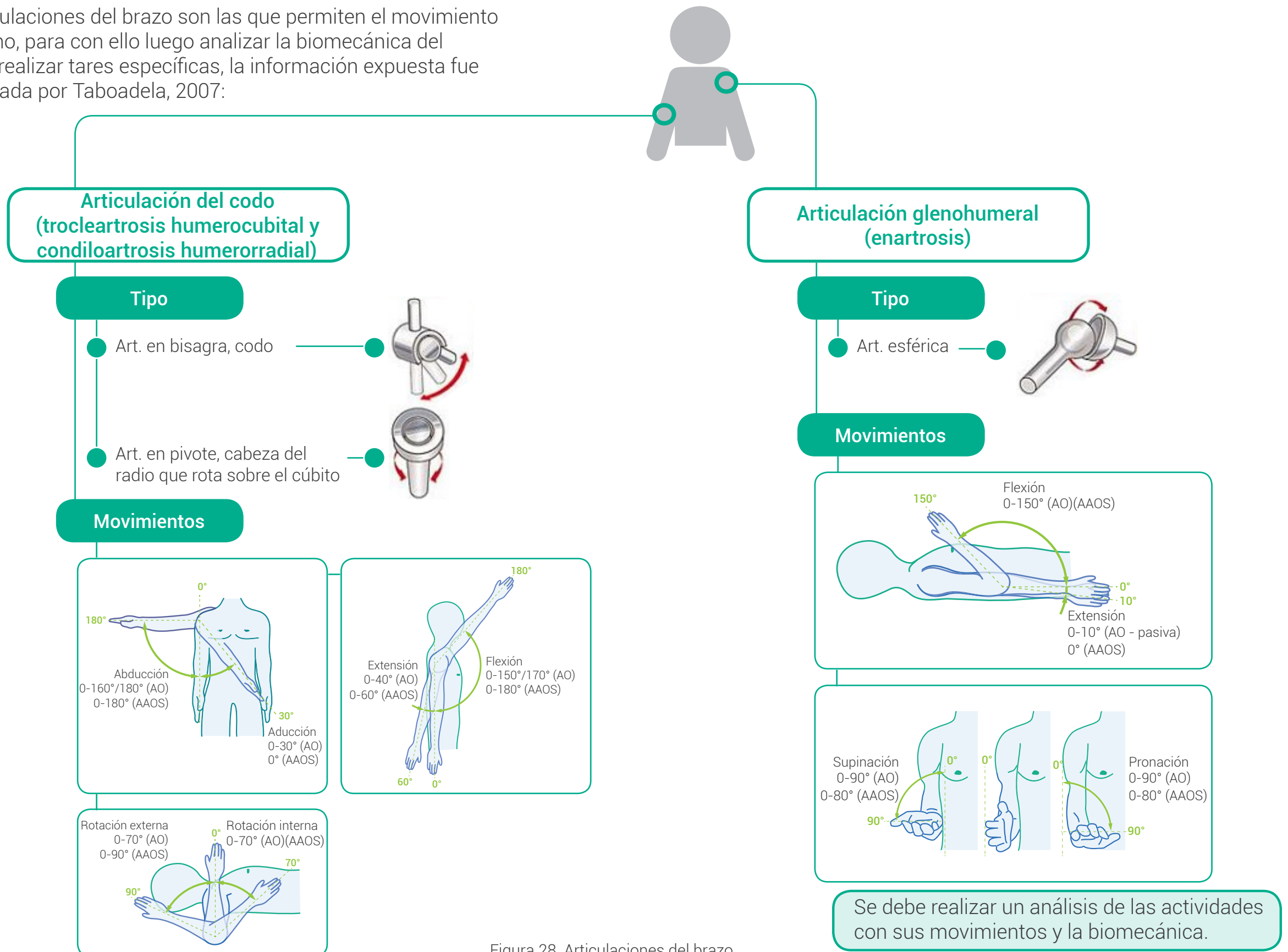


Figura 28. Articulaciones del brazo.

# Generalidades de órtesis

Para tener una idea del dispositivo a diseñar y sus principales características, se buscan generalidades de los aspectos no permitidos, permitidos y aspectos de cuidado en una órtesis para tomarlos en cuenta en el diseño del producto, además determinar algunas especificaciones del producto.

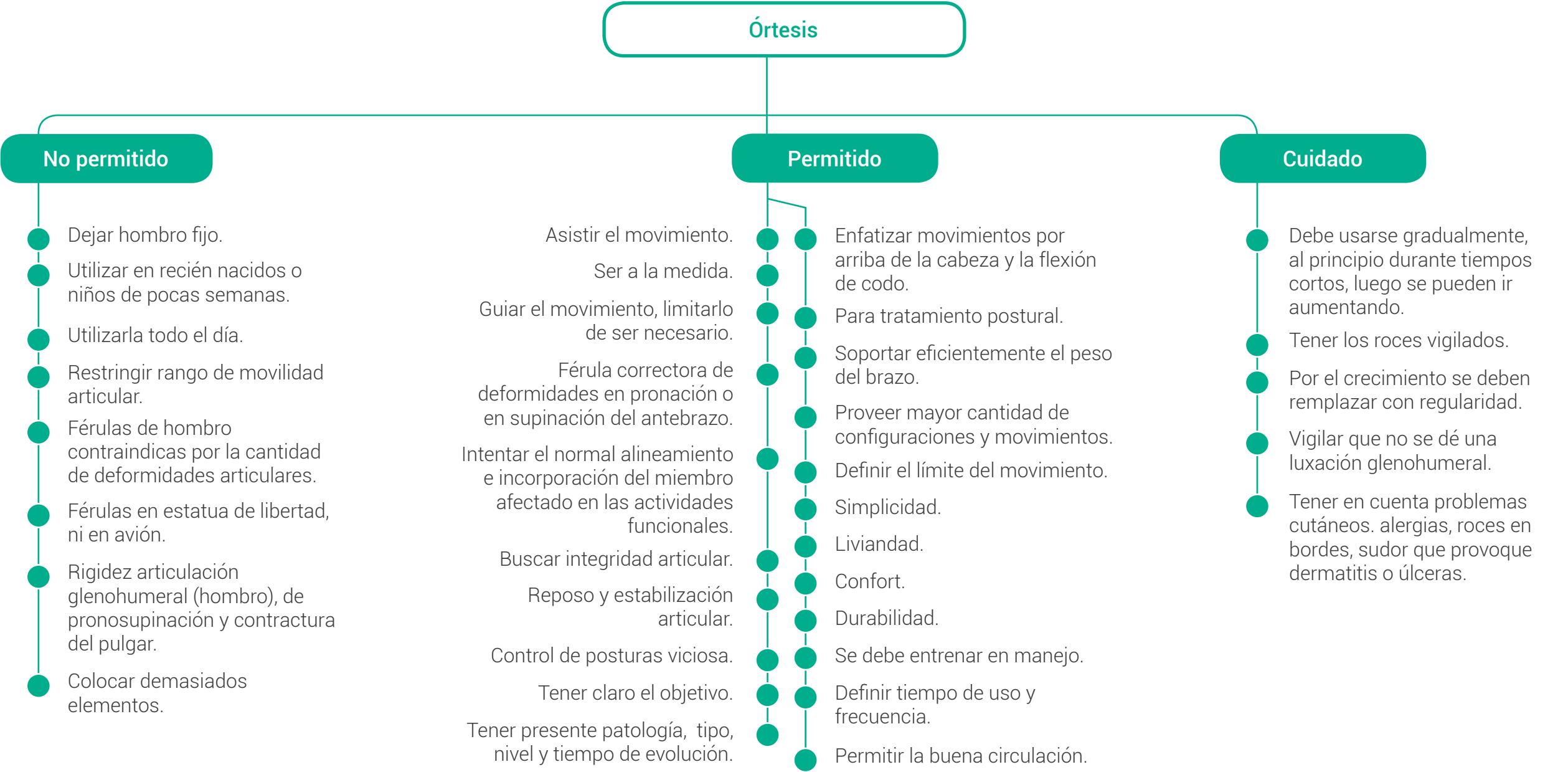


Figura 29. Órtesis.

Se destaca que el generar movimiento ayuda al paciente y se debe regular su uso. Simplicidad, bajo peso y confort son puntos importantes a considerar.



# Leyes biomecánicas

Para diseñar un dispositivo para el uso con el cuerpo humano y sus movimientos, se deben comprender las leyes biomecánicas y fuerzas que interactúan en el cuerpo y cuáles son sus implicaciones sobre él cuerpo o parte de él, por ello que se citan las siguientes leyes y principios para comprender el comportamiento de sistemas biológicos. De (Torres, 2012).

## Ley de Wolff

Los **sistemas biológicos** (incluidos los tejidos tanto blandos como duros) **se deforman siguiendo las líneas de fuerza impuestas** sobre ellos. Detallada en los siguientes apartados:

(1) «Las **deformidades óseas** se deben a **adaptaciones mecánicas** de los huesos y se traducen en alteraciones en sus capas de hueso cortical; todo este **cambio estructural** se basa en una ley matemática de esfuerzos».

(2) «Si un hueso normal es físicamente cargado en una nueva dirección, su **estructura y forma pueden cambiar de acuerdo a su nueva función**; si un hueso deforme **es rectificado y su función normal es restaurada**, toda la estructura del hueso retorna a su forma original».

(3) «Cada **cambio en la forma y la función** del hueso o sólo de su función, es seguida por ciertos cambios definidos en su arquitectura interna e igualmente, por alteraciones secundarias definidas en su **conformación** externa de acuerdo con las **leyes matemáticas de esfuerzo**».

## Ley de Delpech

Cuando los cartílagos de las diartrosis transmiten una presión anormalmente disminuida, los cartílagos de conjunción entran en actividad y viceversa. De esta forma se consigue que la vértebra experimente una moderación del **crecimiento** en la **parte donde el peso es mayor** y una activación del crecimiento donde el peso es menor.

## Ley de Hooke

La **deformación** (resultante del estiramiento) impuesta de un cuerpo elástico **es proporcional a la tensión** (fuerza/carga) **aplicada sobre él**.

## Tercera ley de Newton

Cuando **dos cuerpos** interactúan, la fuerza ejercida por el primero sobre el segundo es de igual **magnitud y de dirección opuesta** que la fuerza ejercida por el segundo sobre el primero.

## Ley de Arndt-Schultz

Los **estímulos débiles** excitan la actividad fisiológica, los **moderadamente fuertes** la favorecen, los **fuertes** la retardan y los **muy fuertes** la bloquean.

## Ley de Sherrington de inhibición recíproca

Un músculo se **inhibirá** cuando su **antagonista se contrae**.

## Ley de Hilton

Los mismos **troncos de los nervios** cuyas ramas alcanzan los **grupos musculares** que mueven una articulación proporcionan también los **nervios cutáneos** a nivel de las inserciones musculares y (lo que merece la atención) el interior de las articulaciones recibe sus nervios del mismo origen.

## Principio de Hueter-Volkmann

La zona sometida a una **mayor presión no crece tan rápido** o completamente como la zona sometida a una presión menor.

El hueso se va a deformar según la función que esté realizando. La deformación es proporcional a la tensión aplicada. Los estímulos débiles y moderados ayudan a la actividad fisiológica. Zonas de mayor presión no crecen tan rápido.

# Principios físicos

Para el diseño del dispositivo también se deben tomar en cuenta principios físicos para el buen funcionamiento de las partes del producto como lo son el torque ya que el brazo tiene puntos de pivote a los cuales se les deberá aplicar una fuerza para generar movimiento o una posición y los principios del centro de masa y gravedad los cuales son necesarios para determinar el largo del producto respecto al brazo y donde el brazo está ejerciendo fuerza sobre el dispositivo.

## Torque o momento

Fuerza que produce que un objeto gire sobre un punto.

$$M = F \cdot d$$

Donde:

M= momento o torque que se mide en Nm (Neuton•metro)

F= fuerza aplicada sobre el cuerpo

d= distancia al eje de giro, conocido como brazo de fuerza.

Cuanto más largo sea el brazo de fuerza al eje de rotación, más fácil es girar el cuerpo.

De tal forma que si aplicamos la fuerza con un radio pequeño, se necesita más fuerza para ejercer el torque. Si el radio es grande, entonces se requiere menos fuerza para ejercer la misma cantidad de torque.

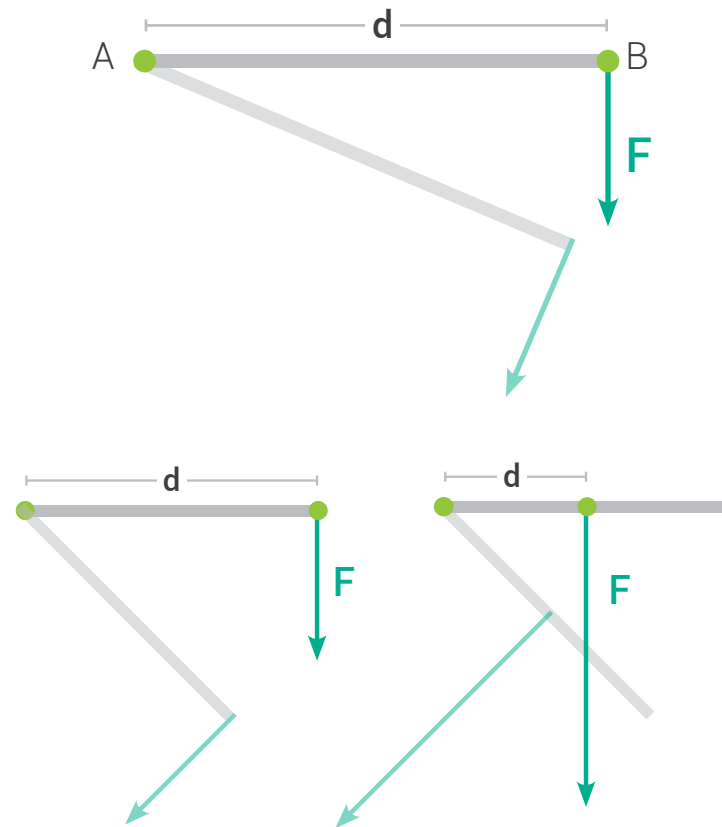


Figura 30. Diagramas de fuerza.

## Centro de masa

Masa que es una magnitud que no varía.

## Centro de gravedad

Peso que es una fuerza vectorial.

El centro de gravedad de los niños está aproximadamente 5% más arriba porque tiene la cabeza proporcionalmente más grande y las piernas cortas (Hewitt, 2007).

Entre mayor sea el brazo de palanca menor será la fuerza necesaria para girar el cuerpo, aplicarlo en los elementos que soportan el peso. El centro de gravedad de los niños es diferente de los adultos, está 5% más arriba que en un adulto.

# Normas de seguridad

Además, para el diseño se toma en consideración las normas de seguridad para los juguetes, esto debido a que el producto a diseñar se encontrará en contacto con niños tanto en el uso directo como en el entorno. Estas medidas se utilizan en los juguetes diseñados y fabricados en Canadá en la "Industry Guide to Health Canada's Safety Requirements for Children's Toys and Related Products, 2012" y otras asociadas.

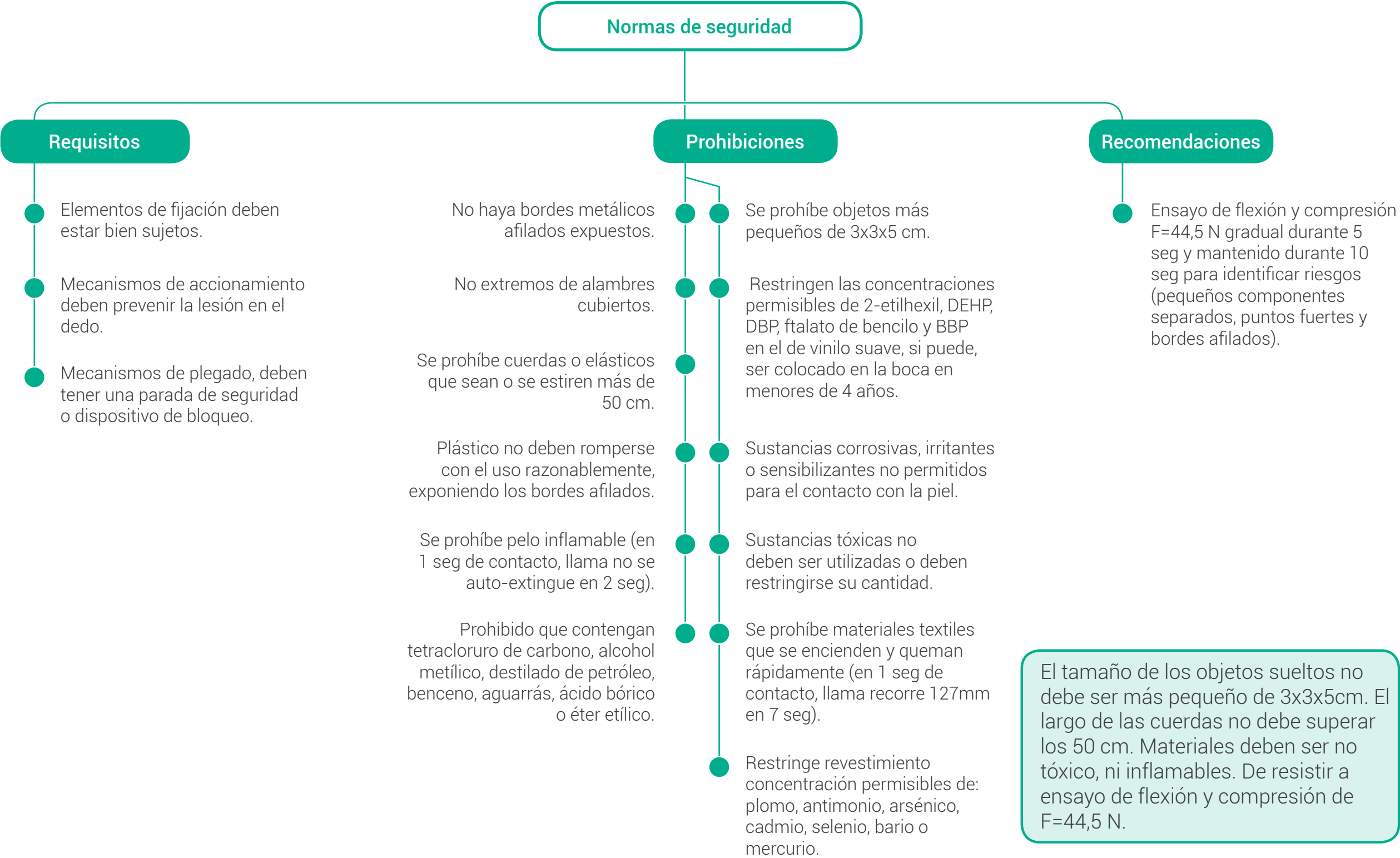
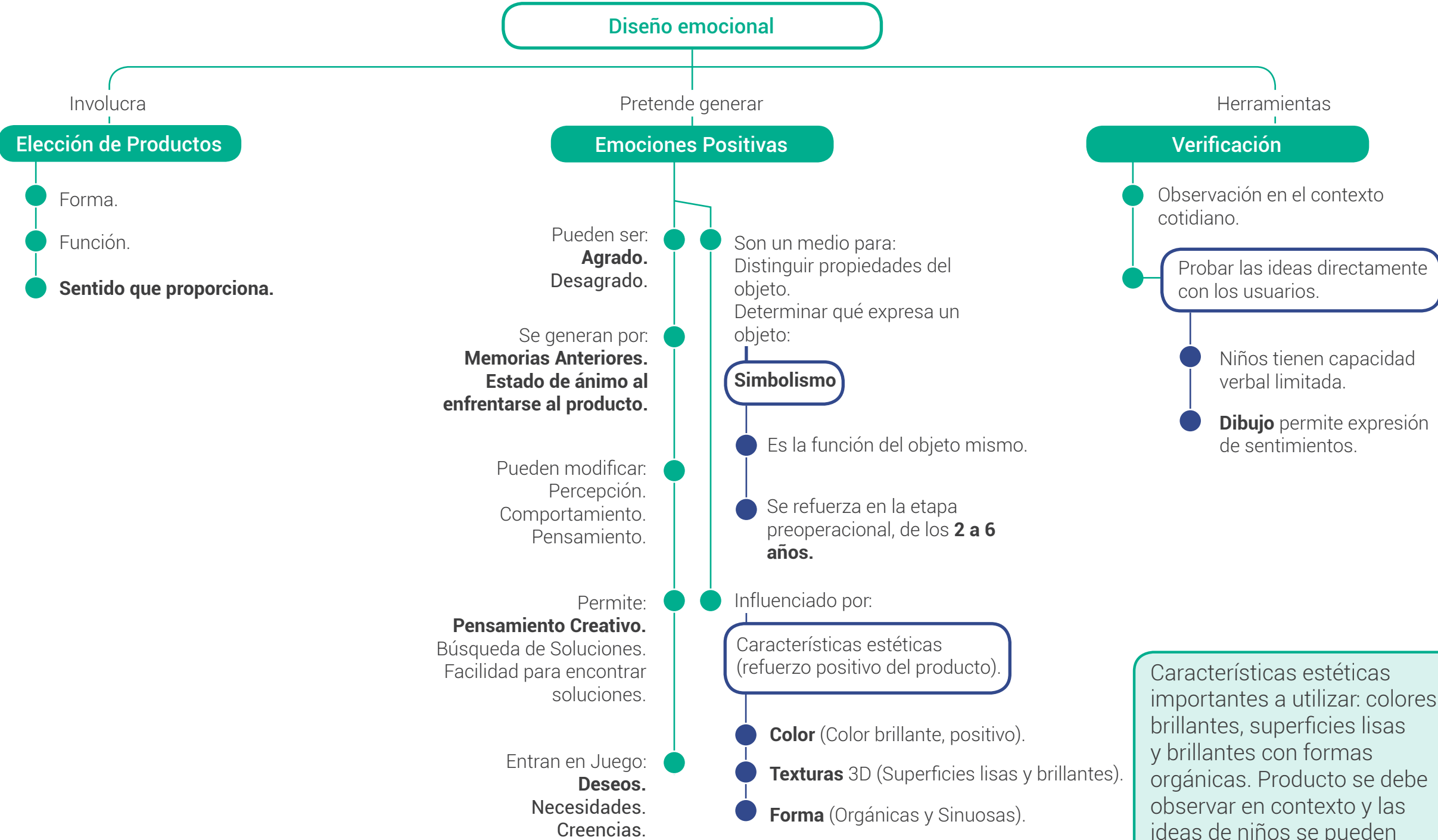


Figura 31. Normas de seguridad.

# Diseño emocional

Como el producto a diseñar debe ser aceptado por el usuario y el entorno en que se encuentra, se toma en consideración el diseño emocional para simpatizar con el niño. Por lo cual en el siguiente esquema se expresa qué involucra, qué pretende y cuáles herramientas se utilizan:



Características estéticas importantes a utilizar: colores brillantes, superficies lisas y brillantes con formas orgánicas. Producto se debe observar en contexto y las ideas de niños se pueden expresar por medio del dibujo.

Figura 32. Diseño emocional.

# Manufactura

Para la realización del producto es importante conocer el tipo de producto a producir además de su sistema de fabricación, para con ellos diseñar según las posibilidades de la producción. A continuación las posibilidades y las características seleccionadas para el producto a diseñar, de acuerdo a sus rangos:

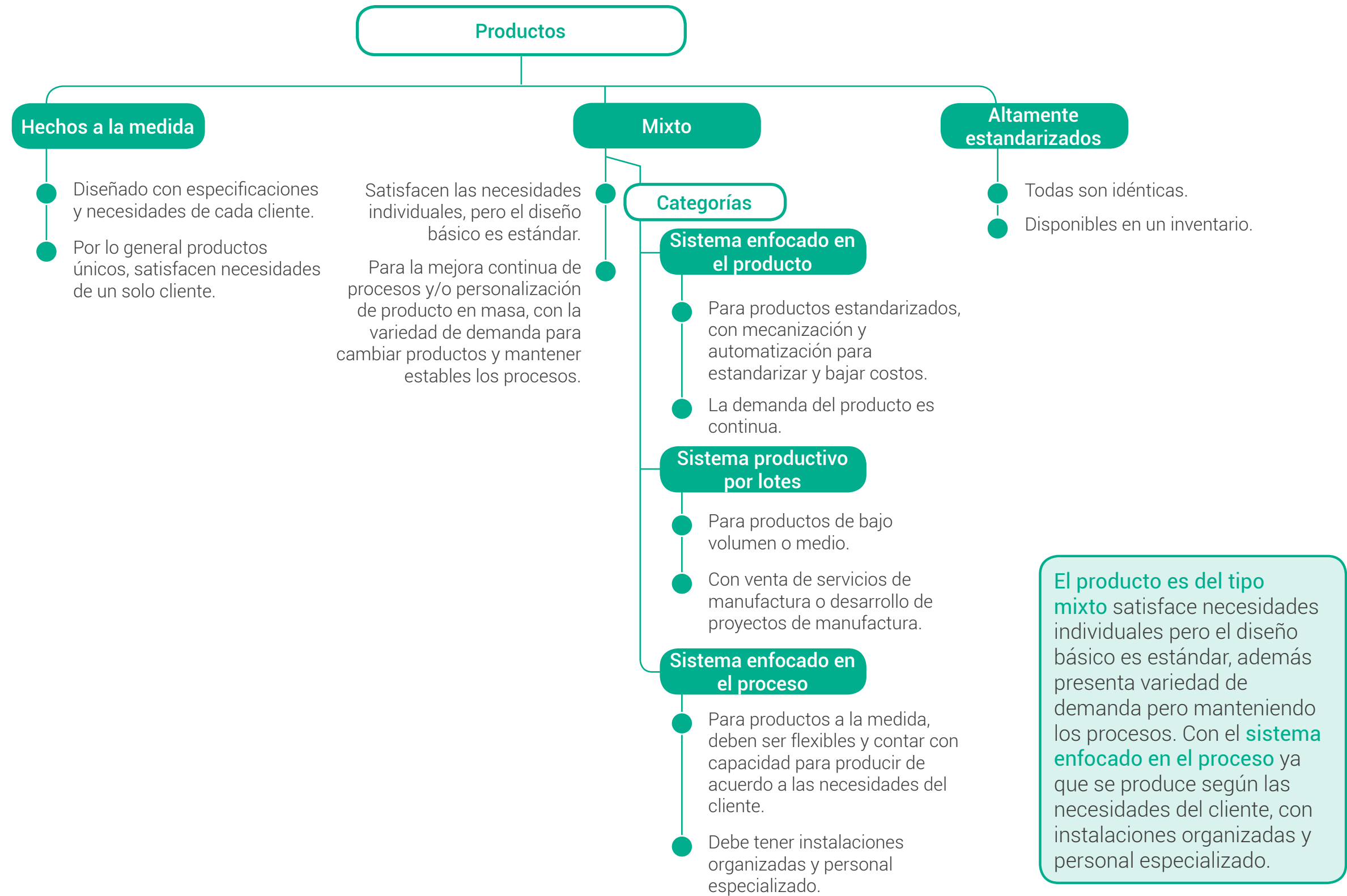


Figura 33. Productos.

# Manufactura

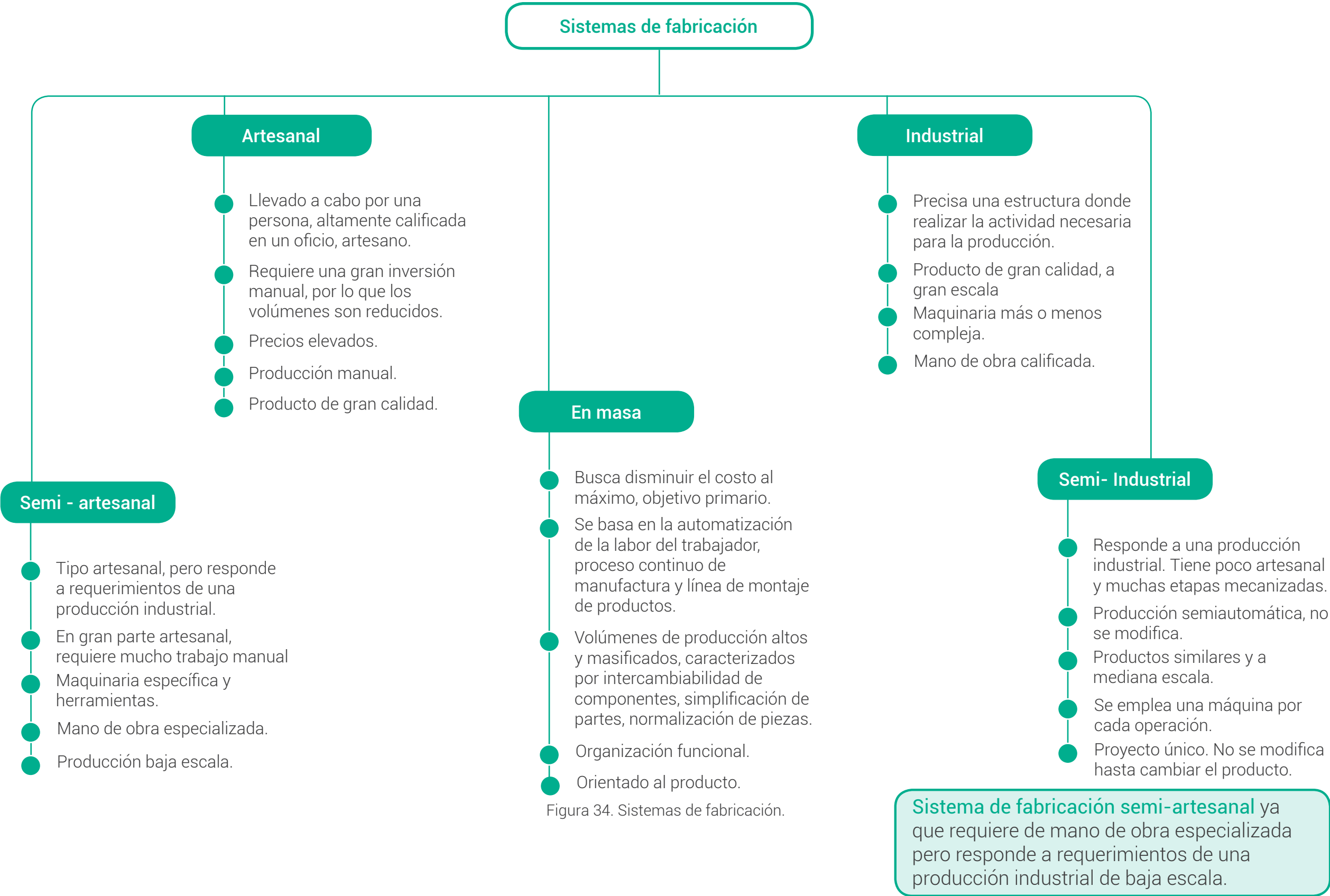


Figura 34. Sistemas de fabricación.



# Observación de visitas al HNN

En las visitas de campo realizadas en el Hospital Nacional de Niños podemos identificar puntos importantes de condiciones, recomendaciones y términos importantes a considerar los cuales se resumen en el siguiente esquema, información proporcionada por el Doctor Roger Vargas, 2016:

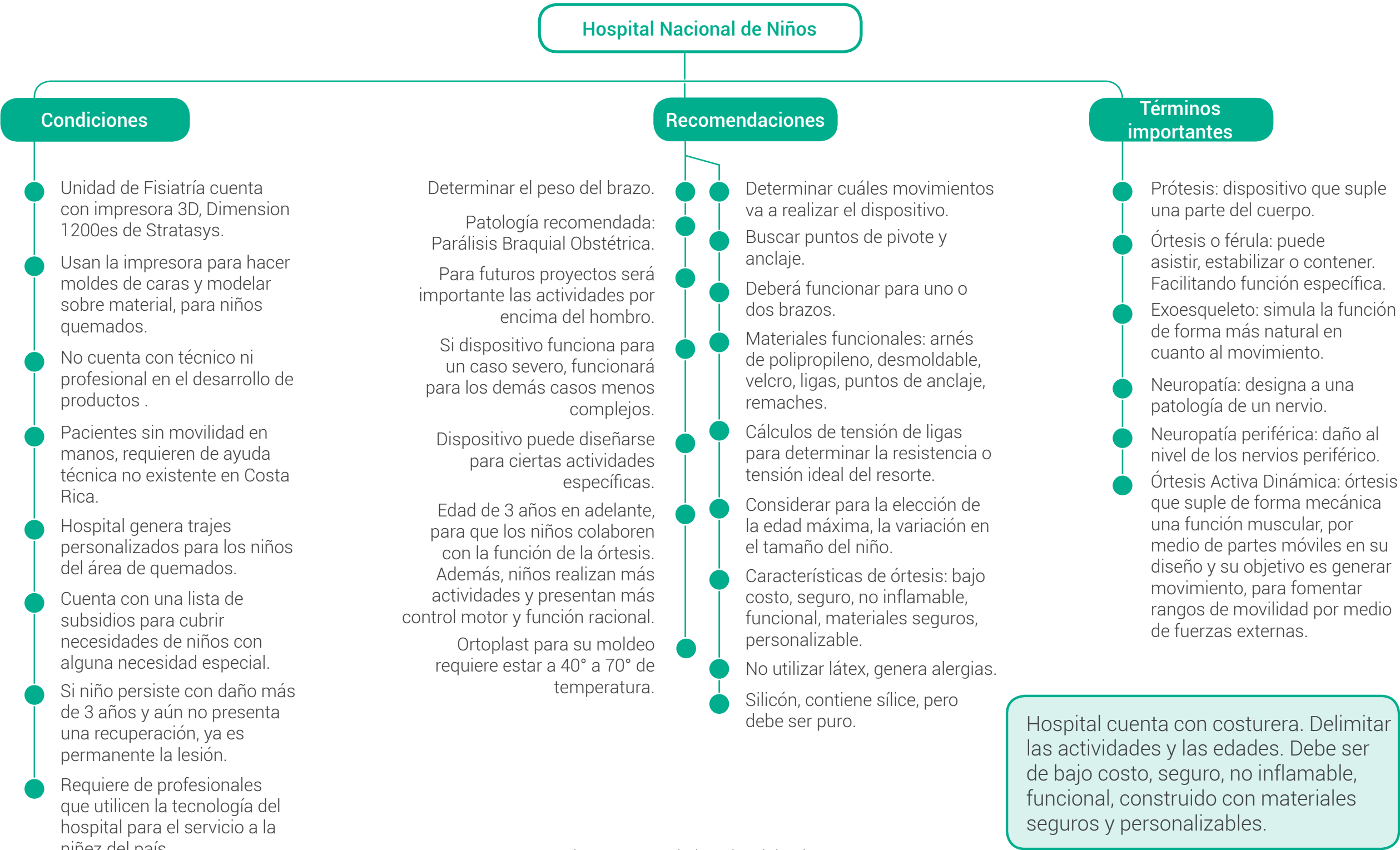


Figura 35. Hospital Nacional de Niños.

# Observación de visitas al HNN

La instalación en la que se encuentra la impresora 3D, corresponde a un consultorio de terapia ocupacional de la Unidad de Fisiatría. La impresora fue donada al hospital gracias a Teletón y al Club Activo 20-30 en el año 2008.



Figura 36. Impresora 3D en Unidad de Fisiatría.



# Planteamiento del proyecto

Al realizar parte de la investigación planteada y con el fin de conocer más a fondo algunos detalles, se planteó el problema, y perfil de usuario. La justificación del proyecto está orientada respecto a la importancia del movimiento, rango de edades que se va a atender y las diferencias dimensionales existentes en este rango y los aspectos jurídicos y económicos relacionados. Asimismo, se determinan los objetivos, alcances y limitaciones del proyecto. A continuación, se detalla cada una de las partes.

# Problema

Es a partir de la información expuesta hasta ahora, que se determina la problemática sufrida a nivel nacional, el esquema lo expone a continuación:

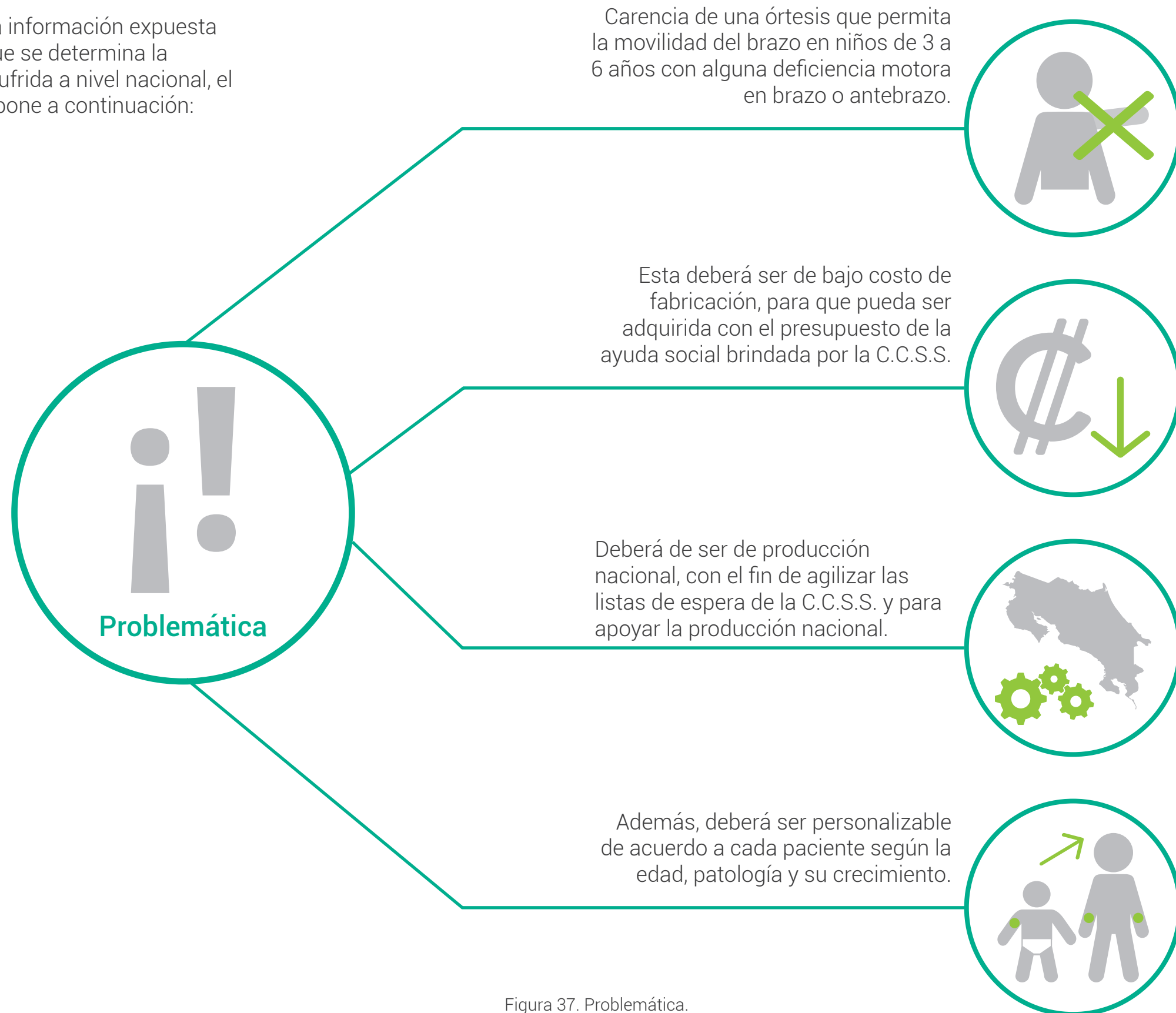


Figura 37. Problemática.

# Perfil de usuario

El usuario presenta las características expuestas en el diagrama:

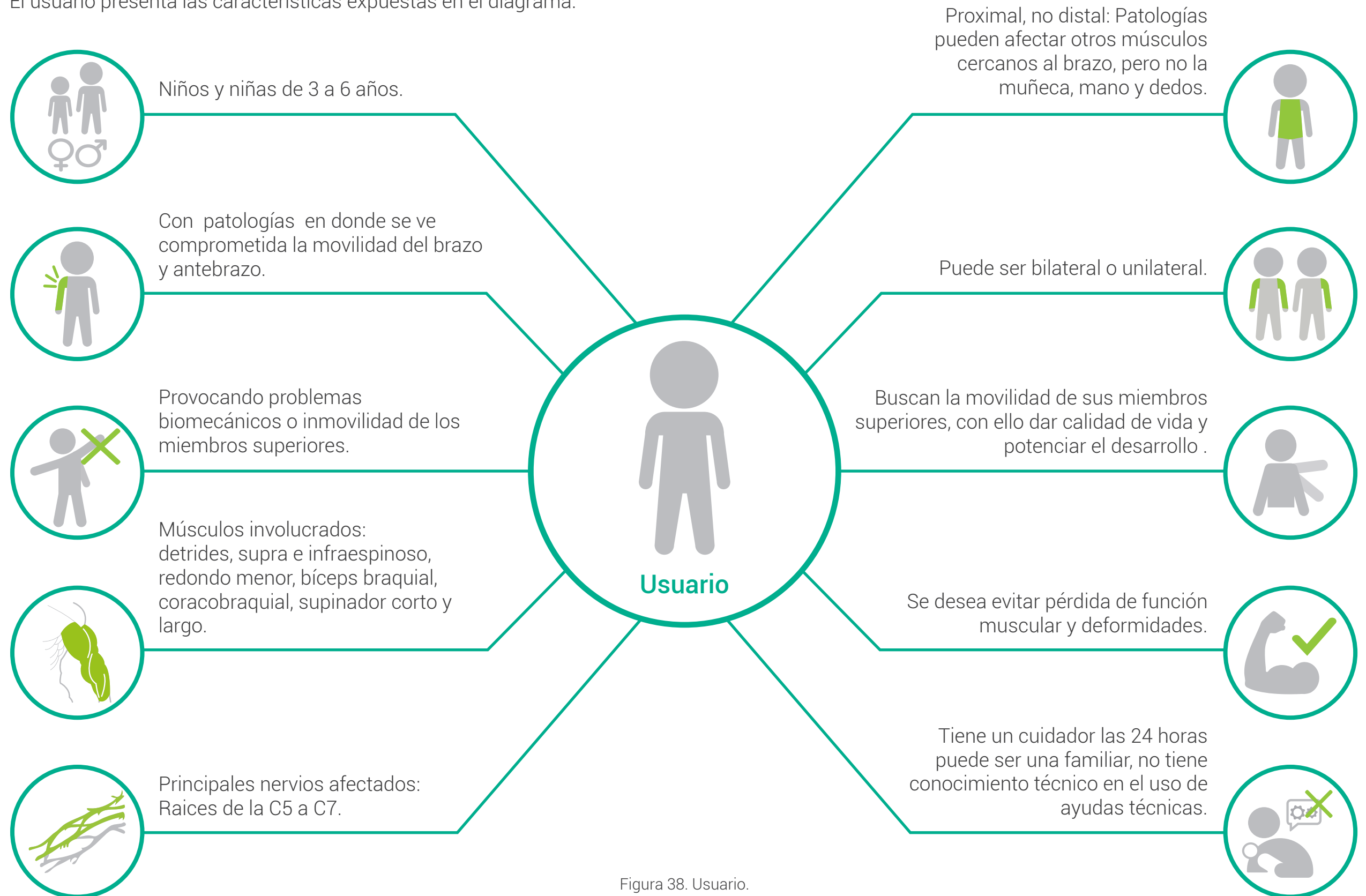


Figura 38. Usuario.

# Justificación

## Importancia del movimiento

El movimiento es fundamental para el ser humano y en especial para los niños, en el siguiente diagrama evidencia las razones de la importancia de una órtesis que le permita al niño la movilidad de la que carece:

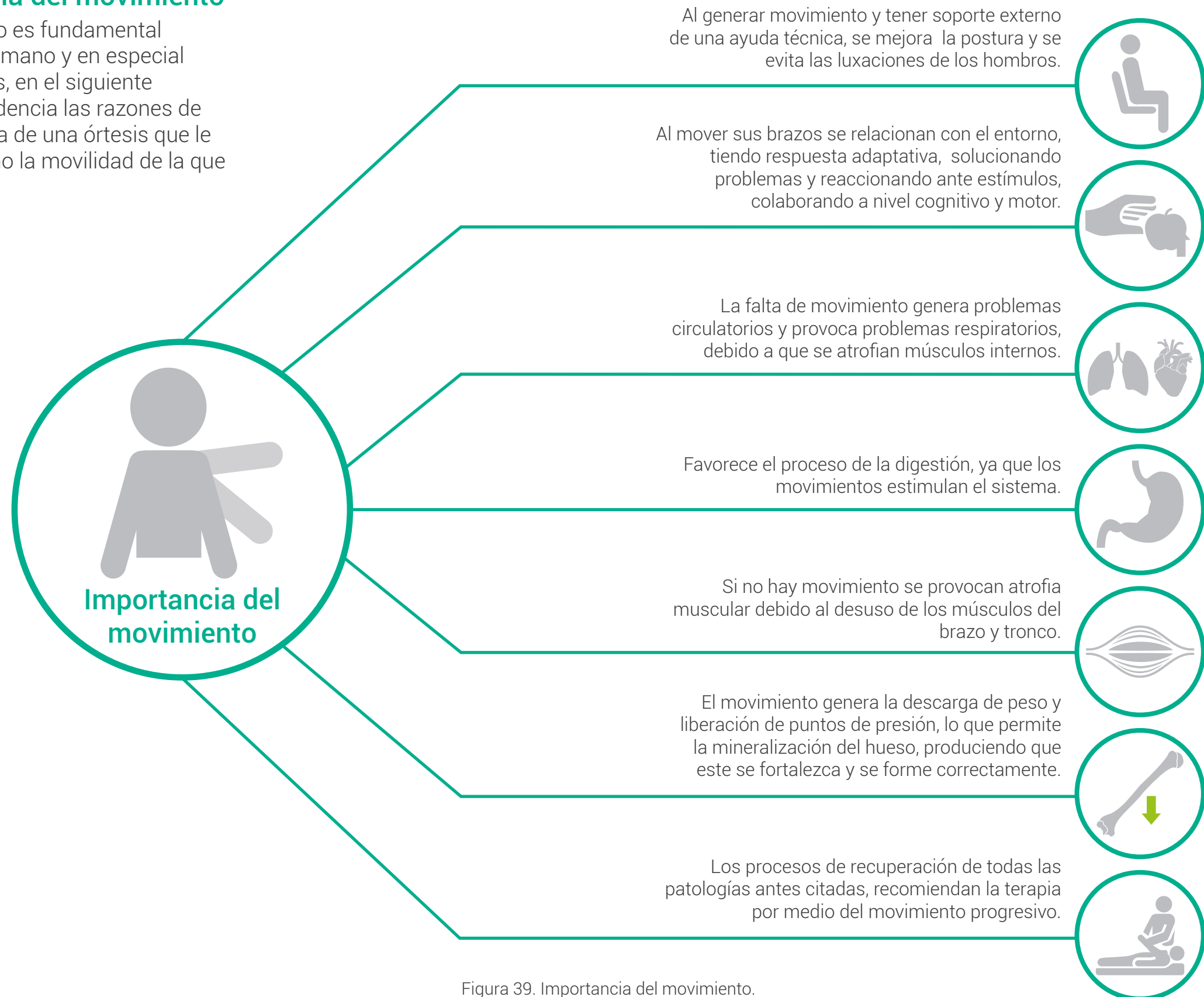


Figura 39. Importancia del movimiento.

# Justificación

## Rango de edades

Para el diseño de la órtesis se atiente un rango de edades específico por las características descritas en el siguiente diagrama:

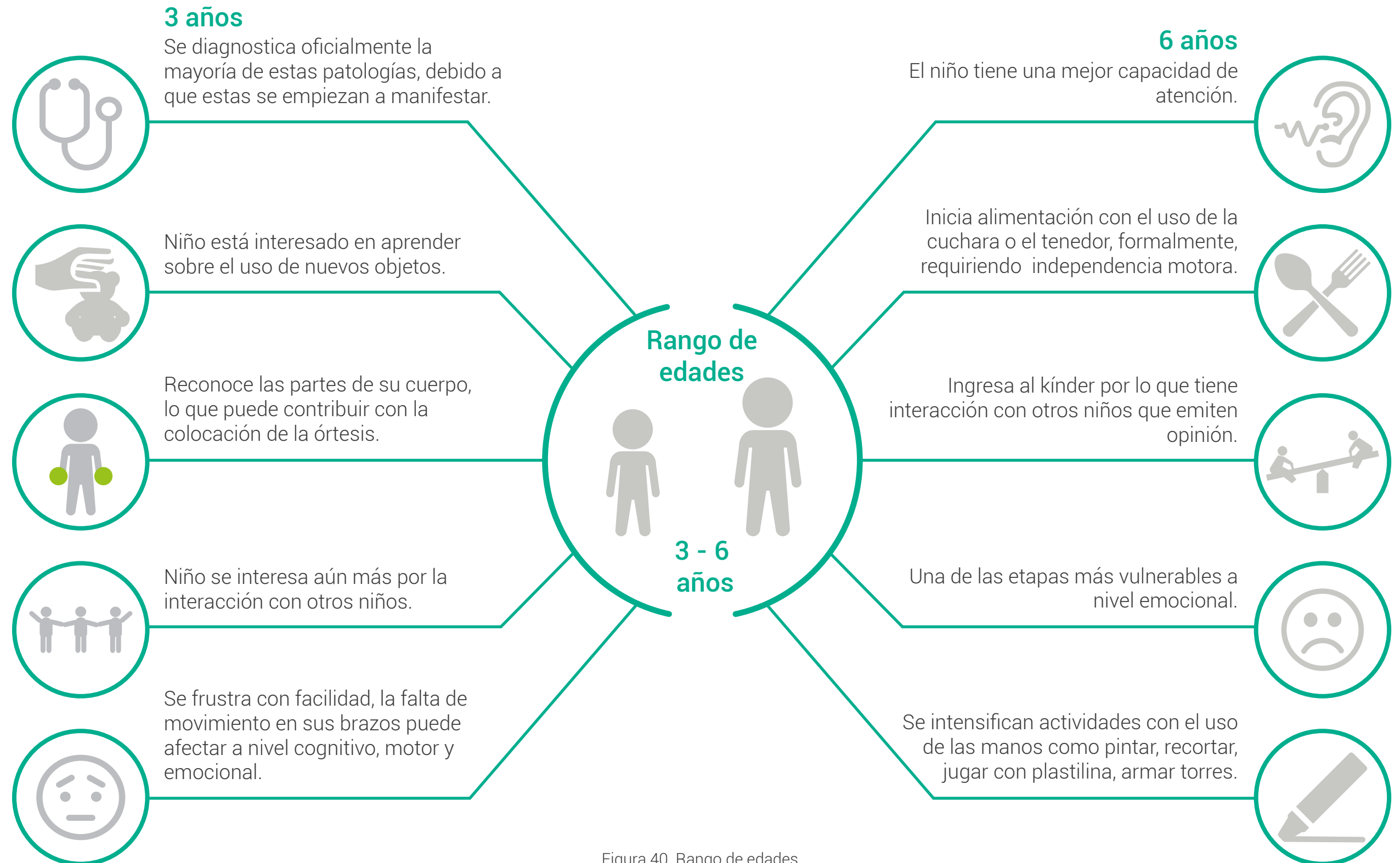
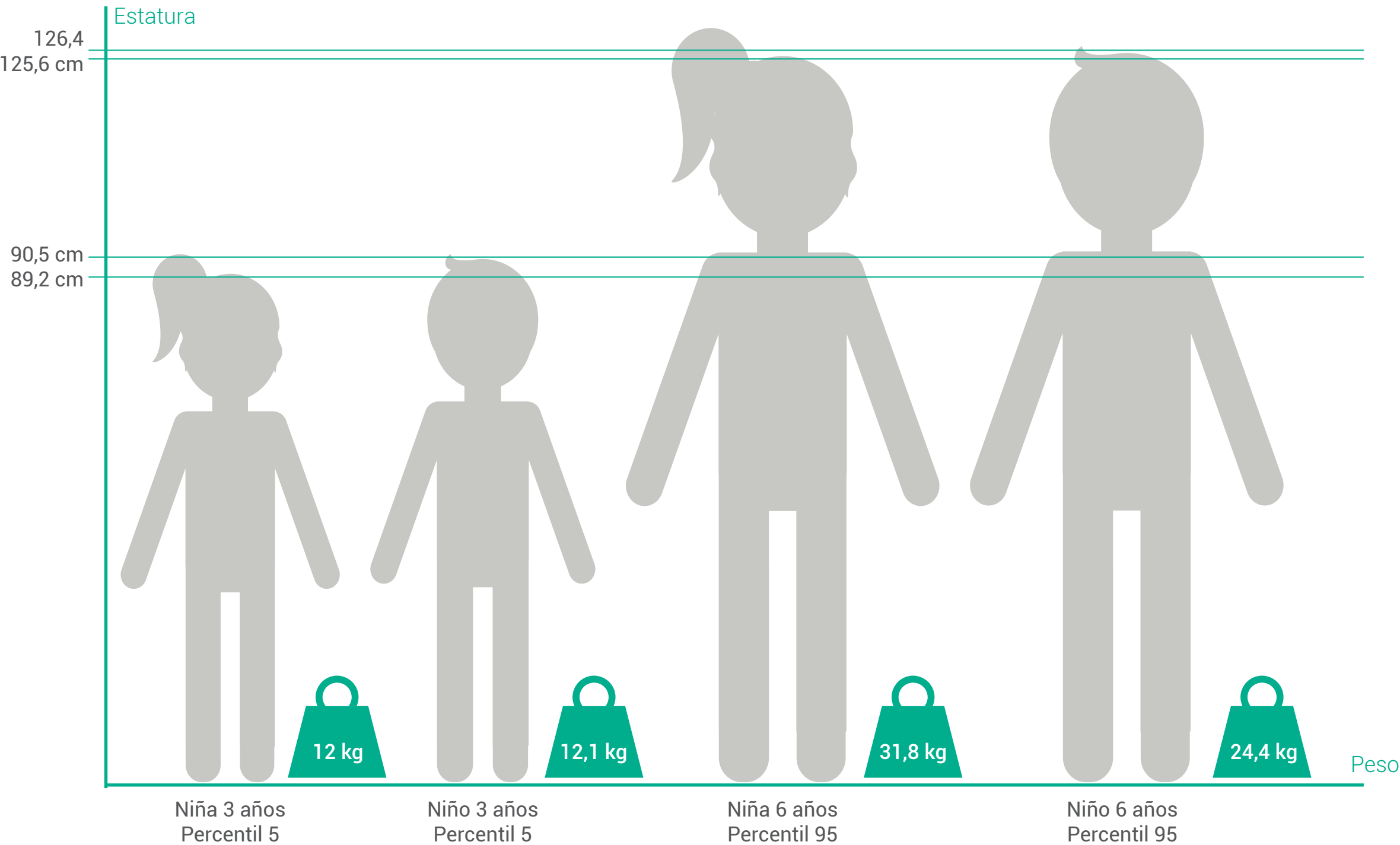


Figura 40. Rango de edades.

# Justificación

## Rango de crecimiento

Al definir el rango de edad es importante conocer cuáles son las diferencias generales de dimensiones de la población a la cual se atenderá, niños y niñas de 3 años a 6 años, por lo cual se determina que el producto deberá contar con ajuste al crecimiento, dando mayor vida útil al producto, en el siguiente gráfico podemos ver el crecimiento entre los 3 años y los 6 años, los datos fueron sacados del libro: Dimensiones antropométricas de la población latinoamericanas, de las tablas antropométricas de Guadalajara, Jalisco. (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2007)



# Justificación

## Aspectos jurídicos y económicos

Es importante reconocer los aspectos jurídicos y económicos en relación, demostrando la importancia del proyecto, el siguiente esquema las evidencia:

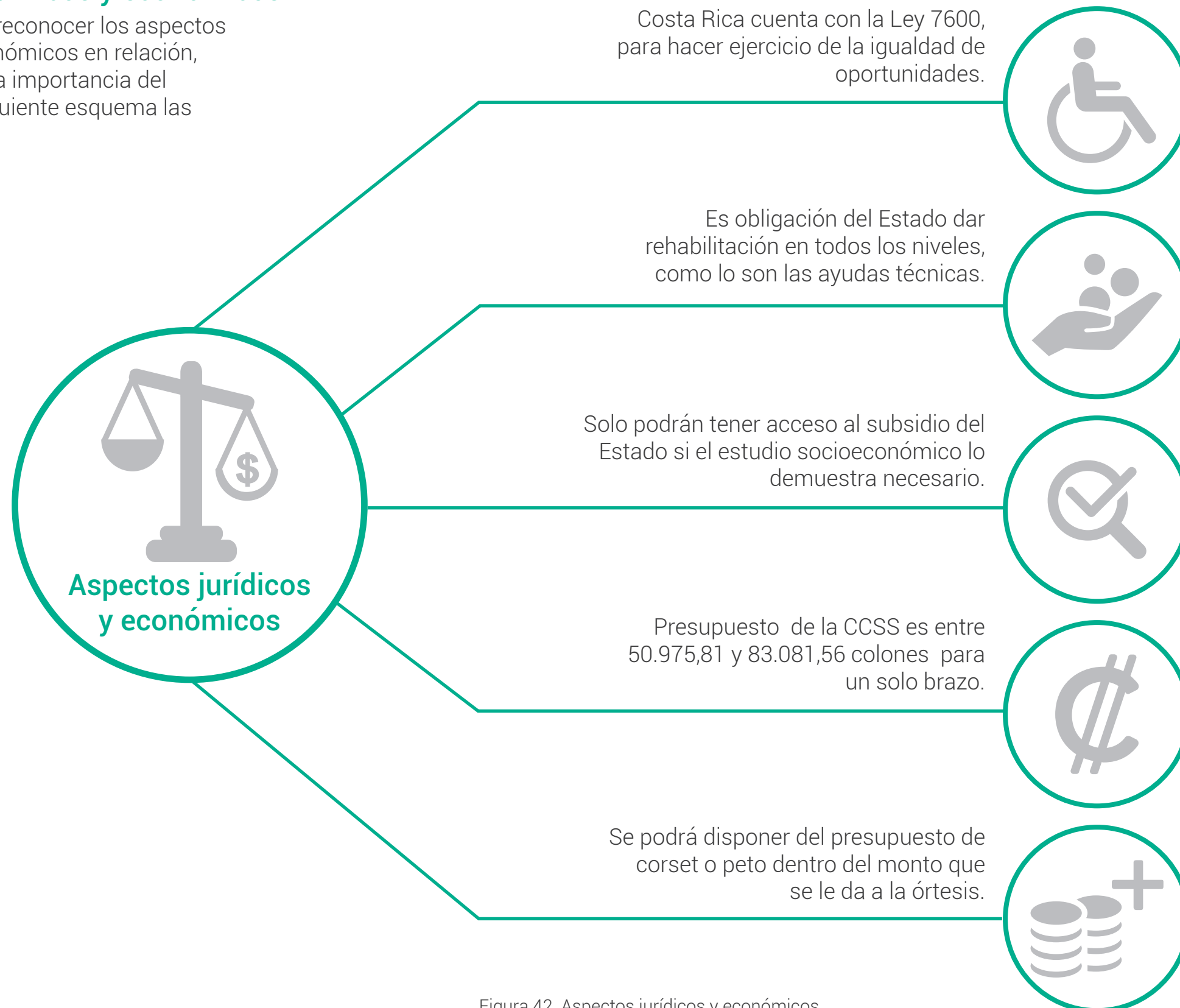


Figura 42. Aspectos jurídicos y económicos.

# Objetivos

Para satisfacer el problema mencionado anteriormente, se requiere de una ayuda técnica llamada órtesis activa dinámica, que debe cumplir con los siguientes objetivos:

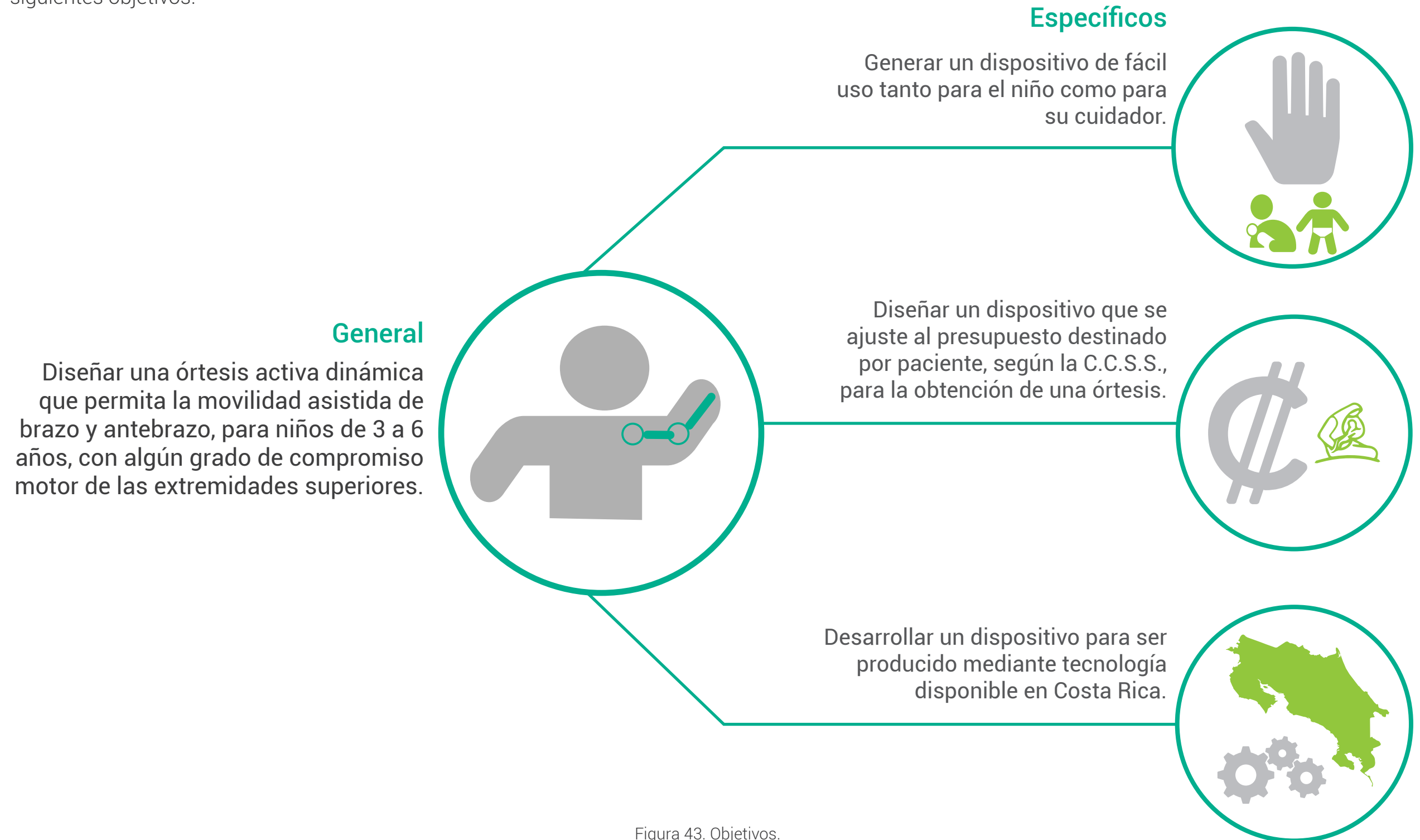


Figura 43. Objetivos.



# Alcances y limitaciones

El proyecto tiene alcances para esta primera fase del desarrollo del producto, además cuenta con limitaciones expuestas en los siguientes diagramas:



Figura 44. Alcances y limitaciones.

# Desarrollo de la investigación

A continuación, una serie de análisis considerados pertinentes para el diseño de la órtesis, tanto a nivel funcional como lo son el árbol de funciones, análisis de sistemas y subsistemas, involucrados, antropométricos y biomecánico. Además de un análisis de lo existente y vocabulario visual como guía. A nivel perceptual, una entrevista con una psicopedagoga, análisis de personajes de caricaturas, juguetes, sondeo, cromático y cuentos de niños, énfasis en el diseño emocional. Además de un análisis de posibles tecnologías y materiales.

# Análisis de funcionamiento

## Árbol de funciones

En busca que el dispositivo a diseñar cumpla con las funciones para la que se requiere, se realiza el Árbol de Funciones que desmenuza las funciones que debe cumplir el sistema.



Figura 45. Árbol de funciones.

# Análisis de funcionamiento

## Sistemas y subsistemas

Según las funciones que debe cumplir el dispositivo se organizan por subsistemas, partes, componentes y piezas que va a configurar el dispositivo, las cuales se detallan en el siguiente esquema:

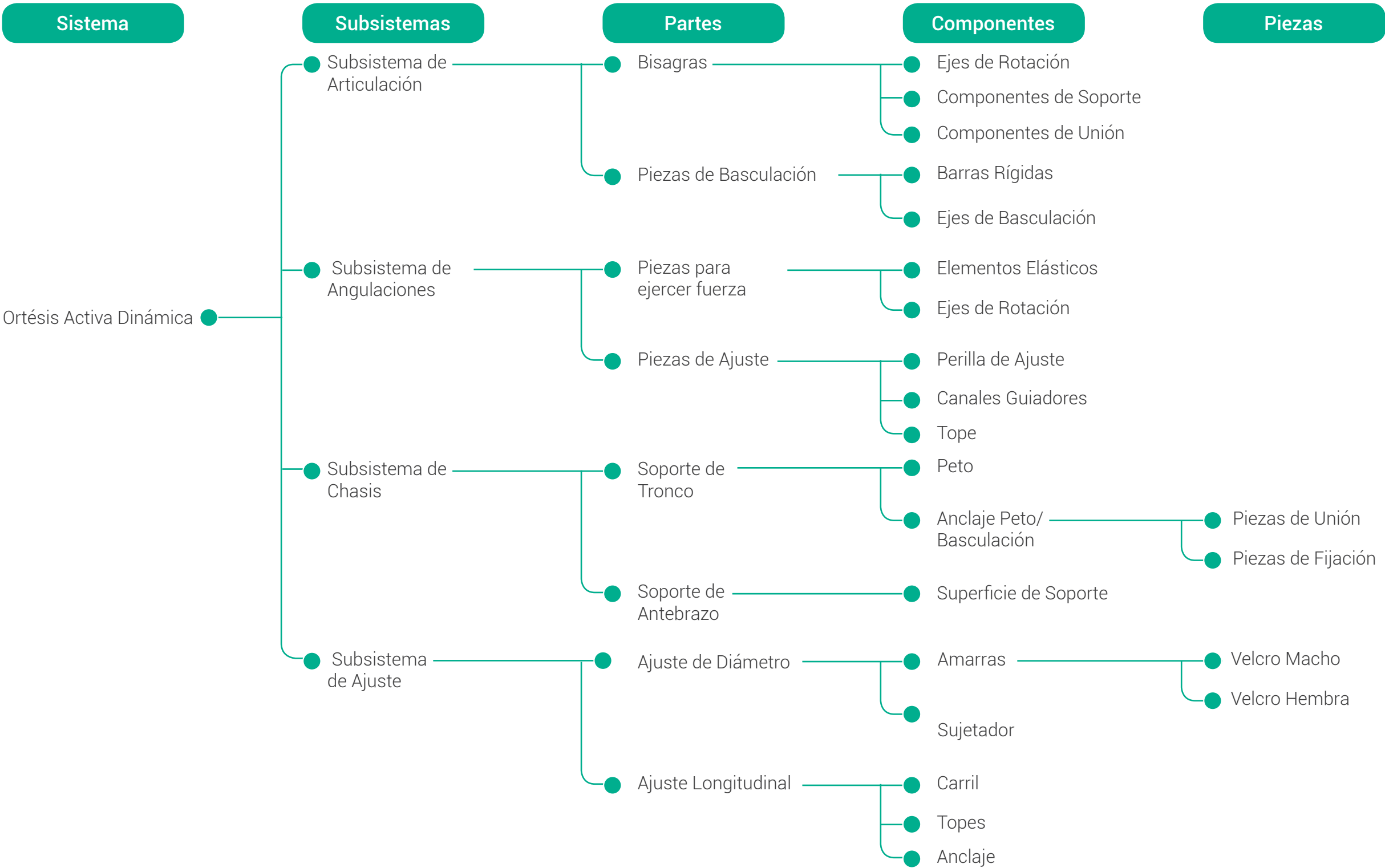
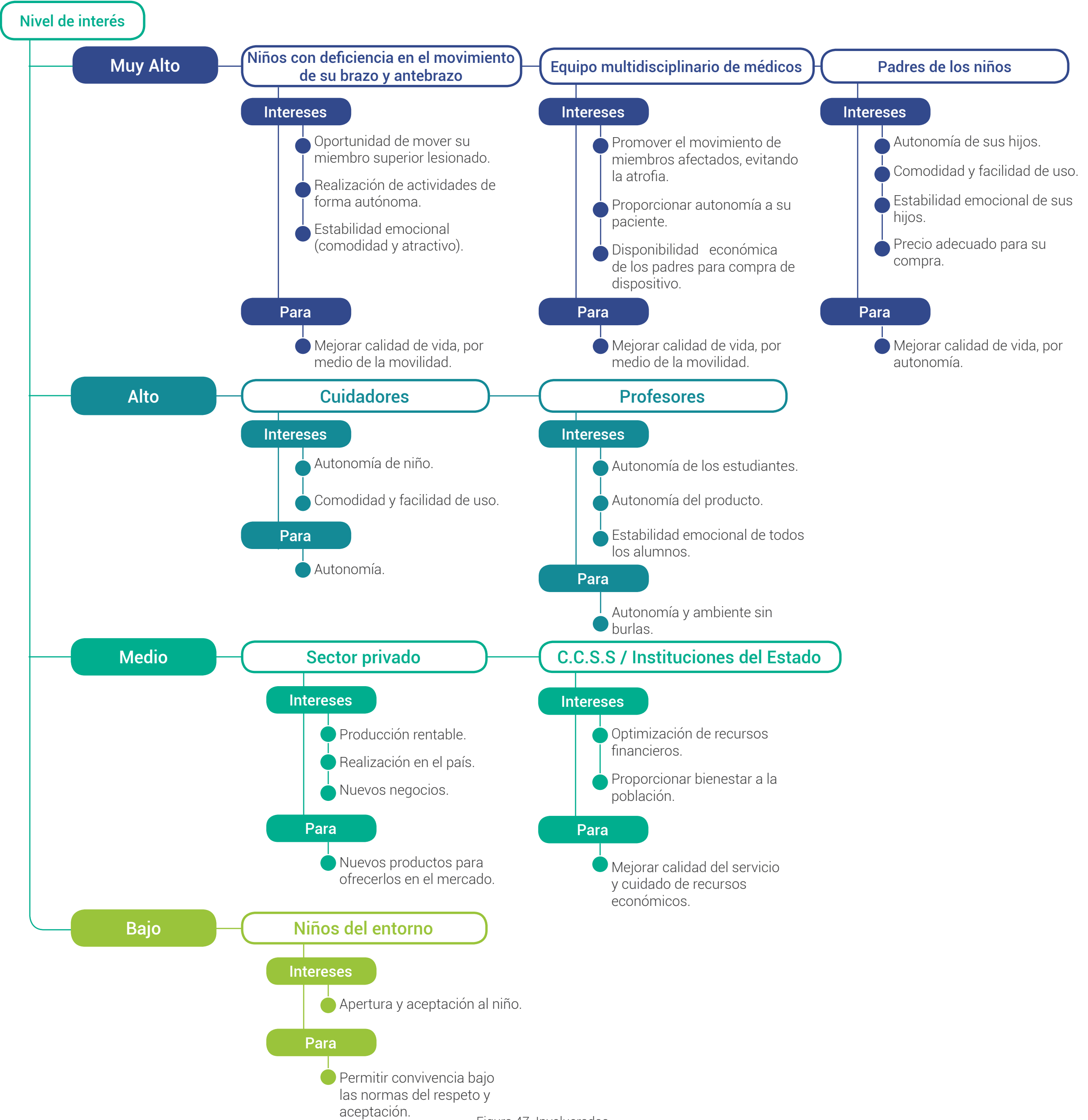


Figura 46. Sistema y subsistemas.

# Análisis de involucrados

Se realiza dicho análisis para revisar quienes tendría relación con la producción, cuidado, colocación, receta y utilización del dispositivo a diseñar, con sus respectivos intereses y definir que debe de realizar el producto, el siguiente esquema lo resume:



# Análisis antropométrico

## Percentiles

Este análisis se realiza para tomar de referencia las dimensiones de los usuarios establecido. El producto debe ser adecuado para los niños de todas las dimensiones dentro del rango, por lo que se utilizan los percentiles de los extremos, es decir, los percentiles 5 y 95. Los datos a continuación se tomaron del libro Dimensiones antropométricas de la población Latinoamérica, específicamente de la población de Venezuela y México del 2007. (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2007).

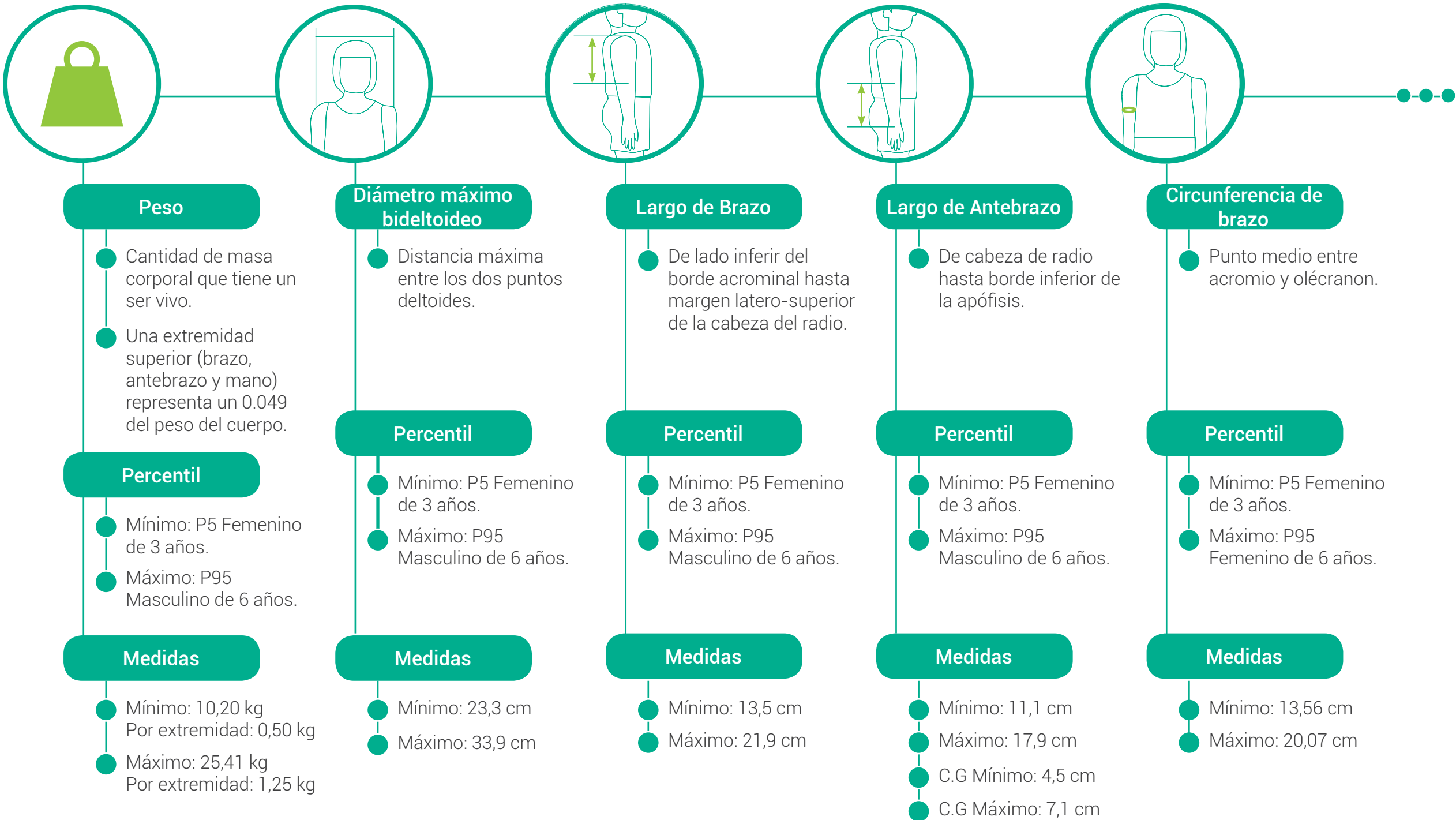


Figura 48. Antropometría 1.



# Análisis antropométrico

## Percentiles

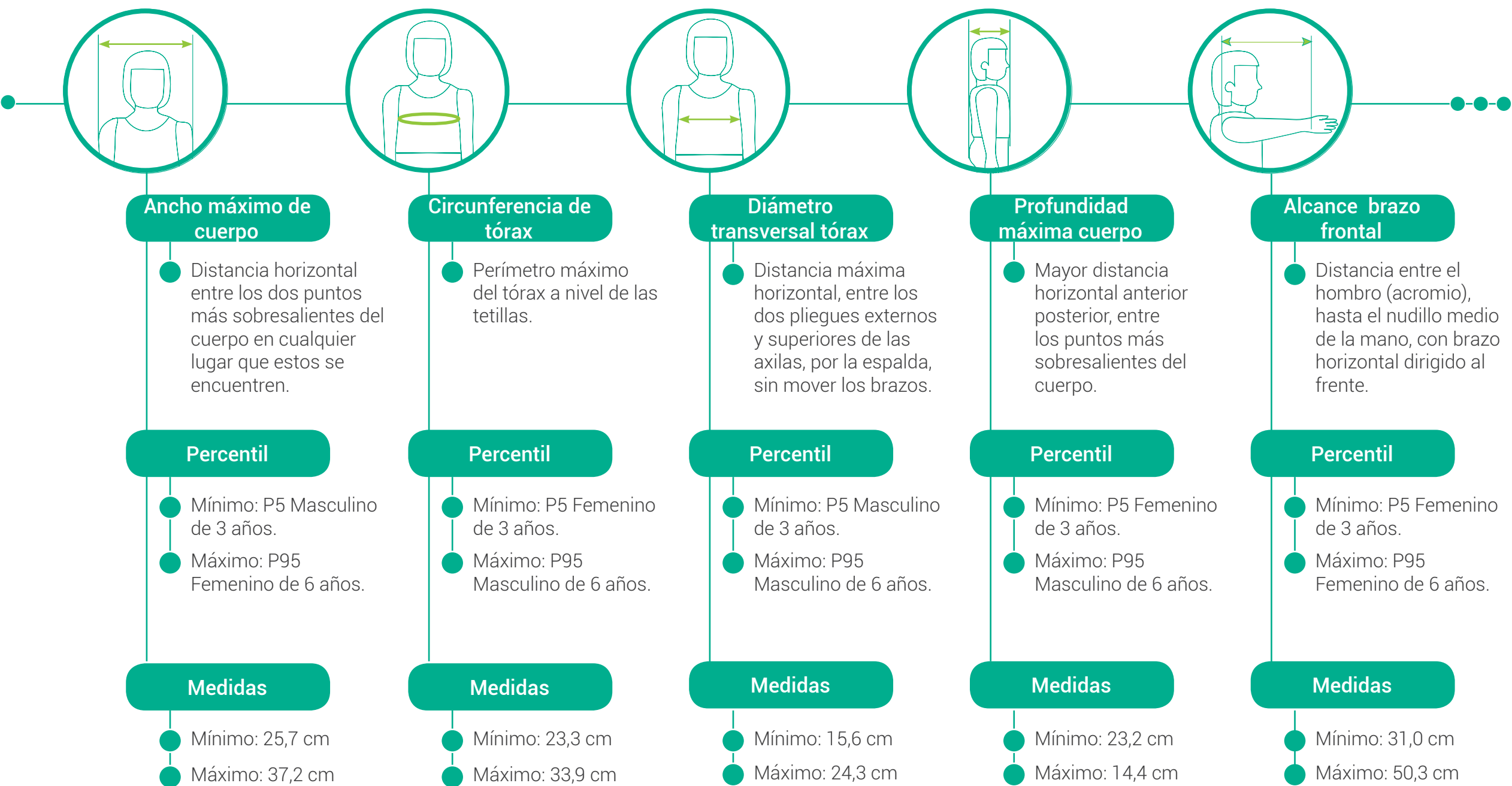


Figura 49. Antropometría 2.

# Análisis antropométrico

## Percentiles

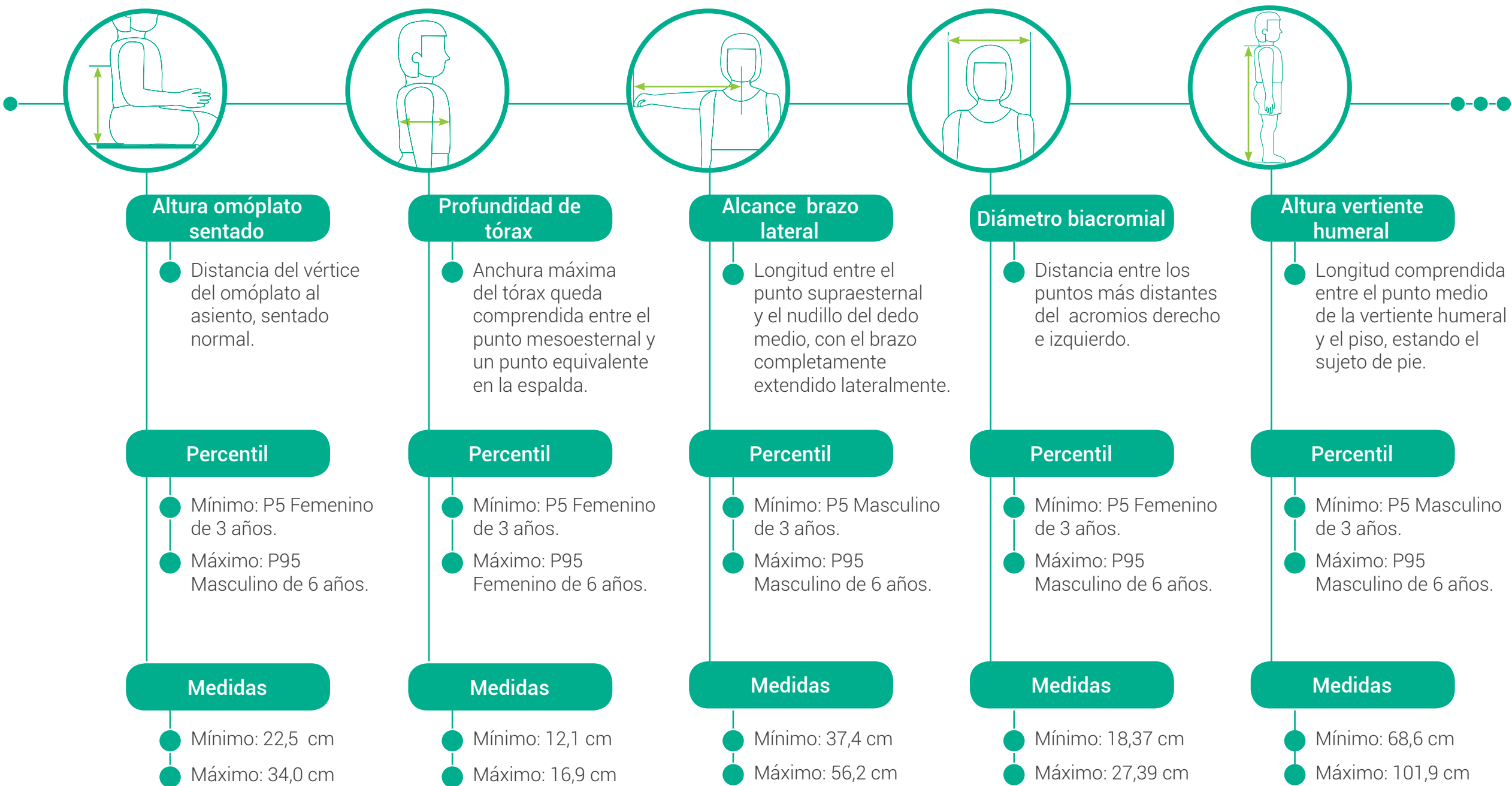


Figura 50. Antropometría 3.

# Análisis antropométrico

## Percentiles

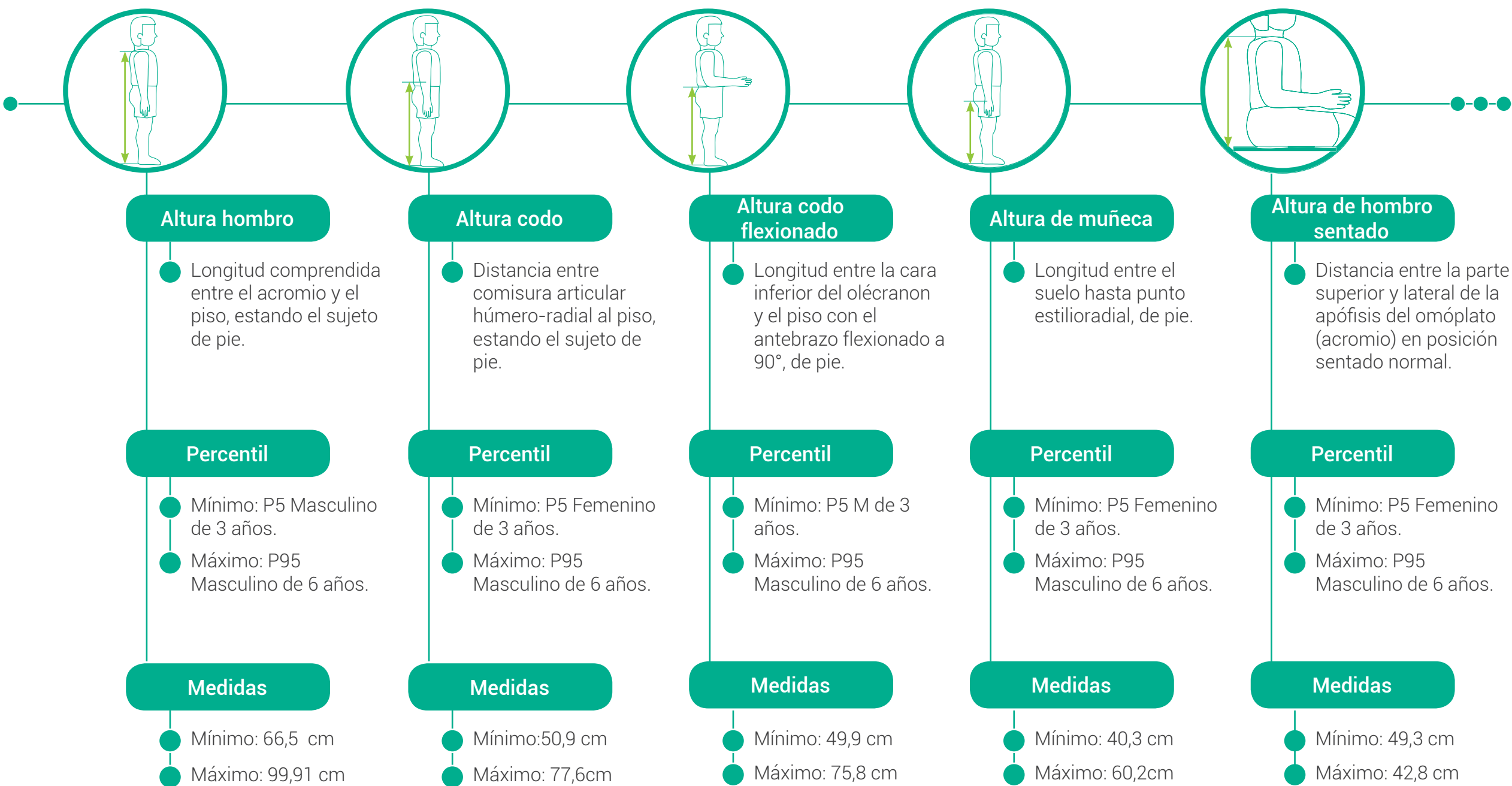


Figura 51. Antropometría 4.

# Análisis antropométrico

## Puntos somatométricos

Los puntos somatométricos sirven como referencia para realizar mediciones, por lo cual se utilizar en este proyecto con el fin de colocar los diversos elementos de la órtesis para así asegurarse que cumplan su función. A continuación se mencionan los que se deben utilizar para las mediciones y la colocación del dispositivo. (Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L., 2007)

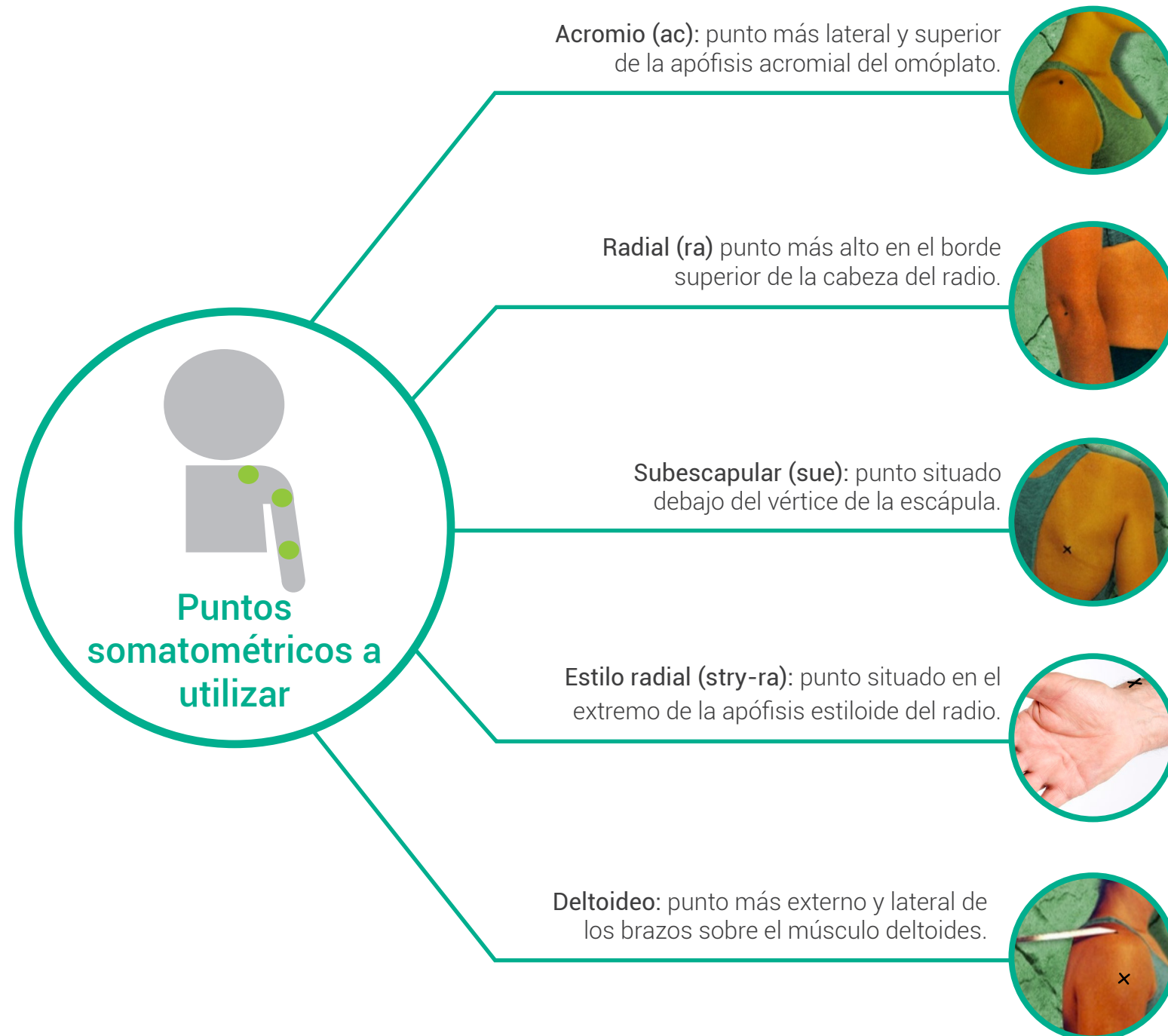


Figura 52. Puntos somatométricos a utilizar.

# Análisis biomecánico

## Entrevista con terapeuta física

Se realizó una a entrevista Susana Espinoza, licenciada en Fisioterapia, ella comentó algunos puntos importantes resumidos en el siguiente esquema:



Figura 53. Entrevista con terapeuta física.

No utilizar electromiografía en niños, no bloquear la escápula, ni la muñeca, materiales no deben presionar, deben de permitir la ventilación y transpiración. Dejar espalda y axilas descubiertas.

# Análisis biomecánico

## Actividades

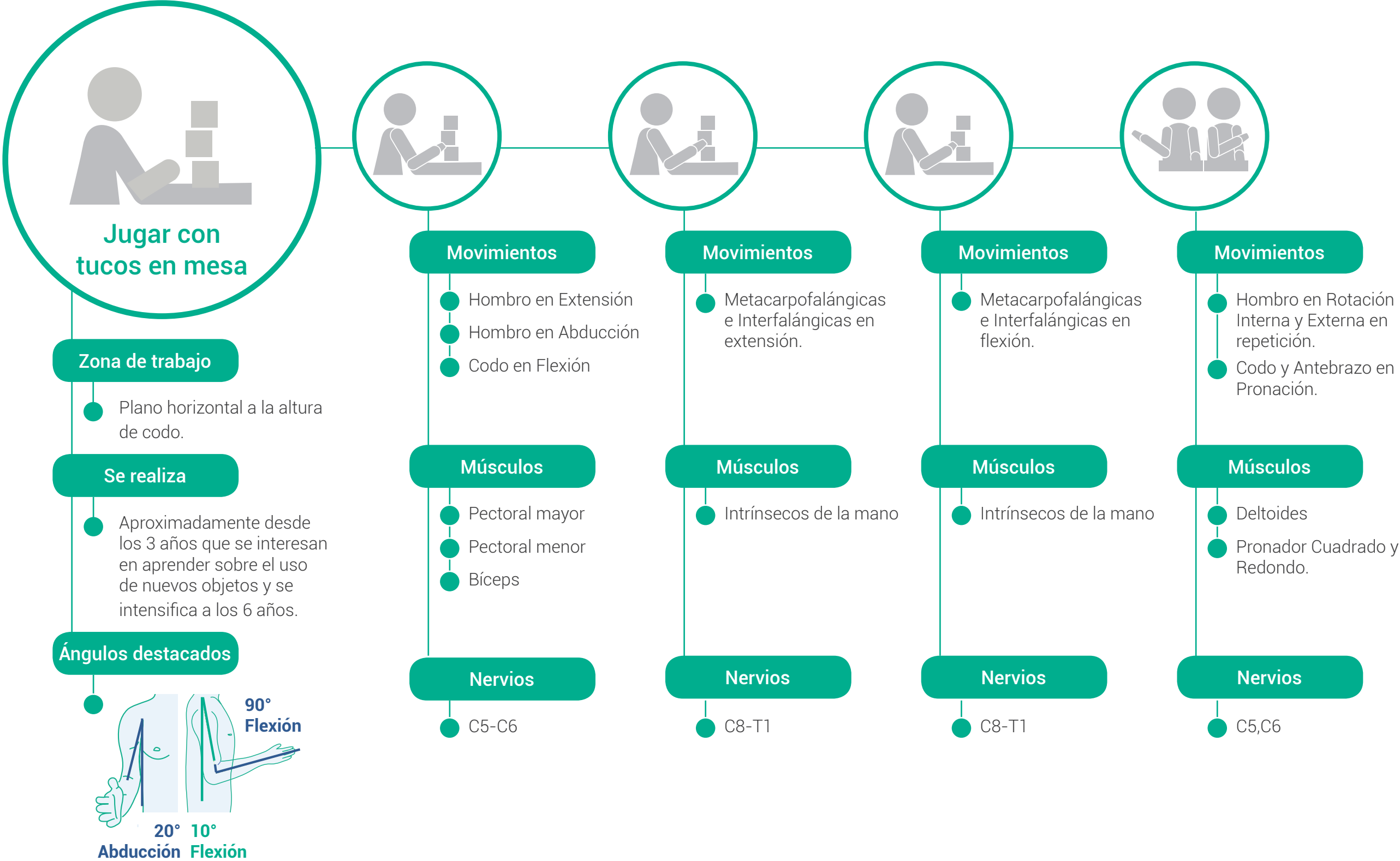


Figura 54. Jugar con tucos en mesa.



# Análisis biomecánico

## Actividades

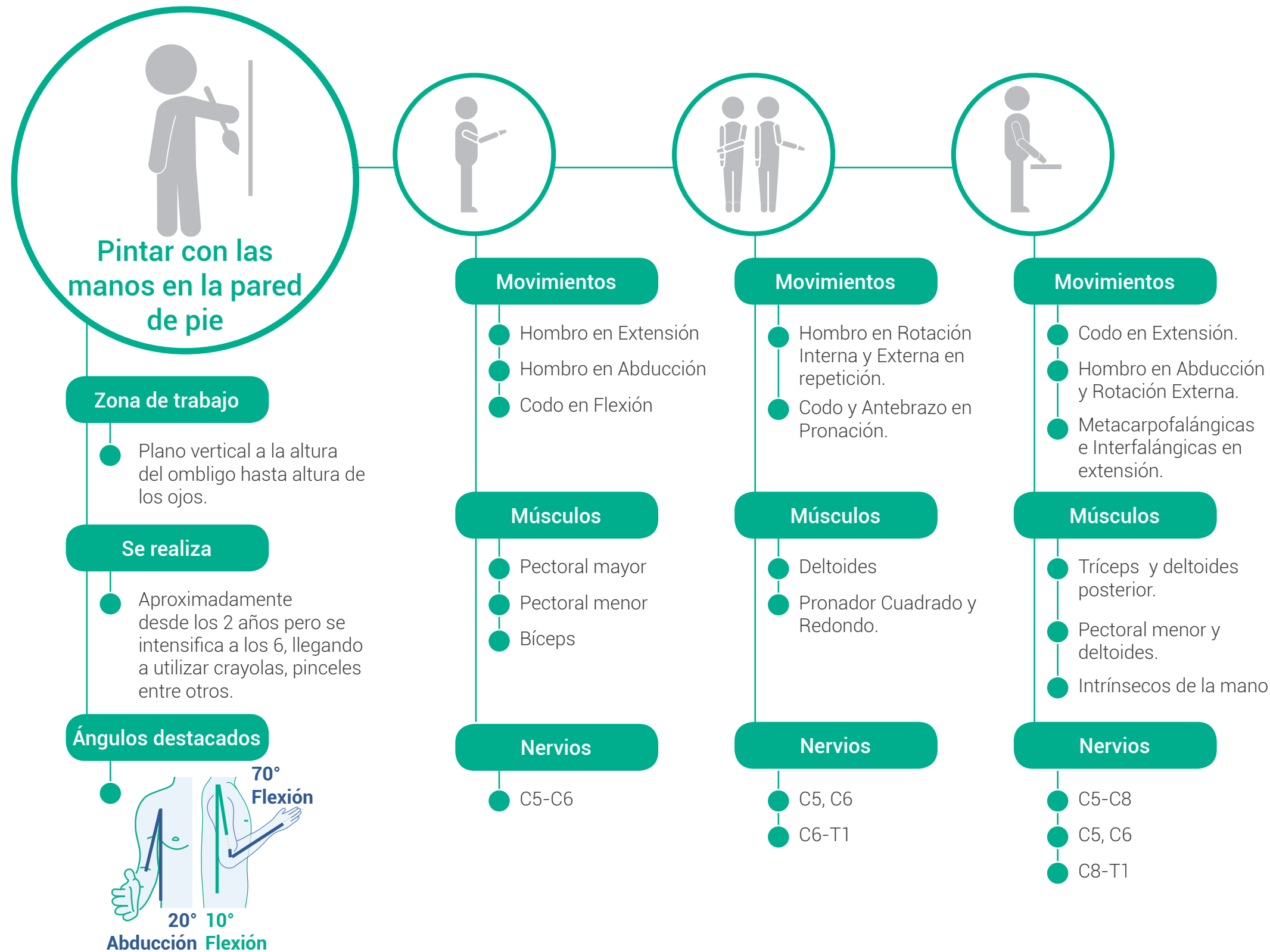


Figura 55. Pintar con las manos en la pared de pie.

# Análisis biomecánico

## Actividades

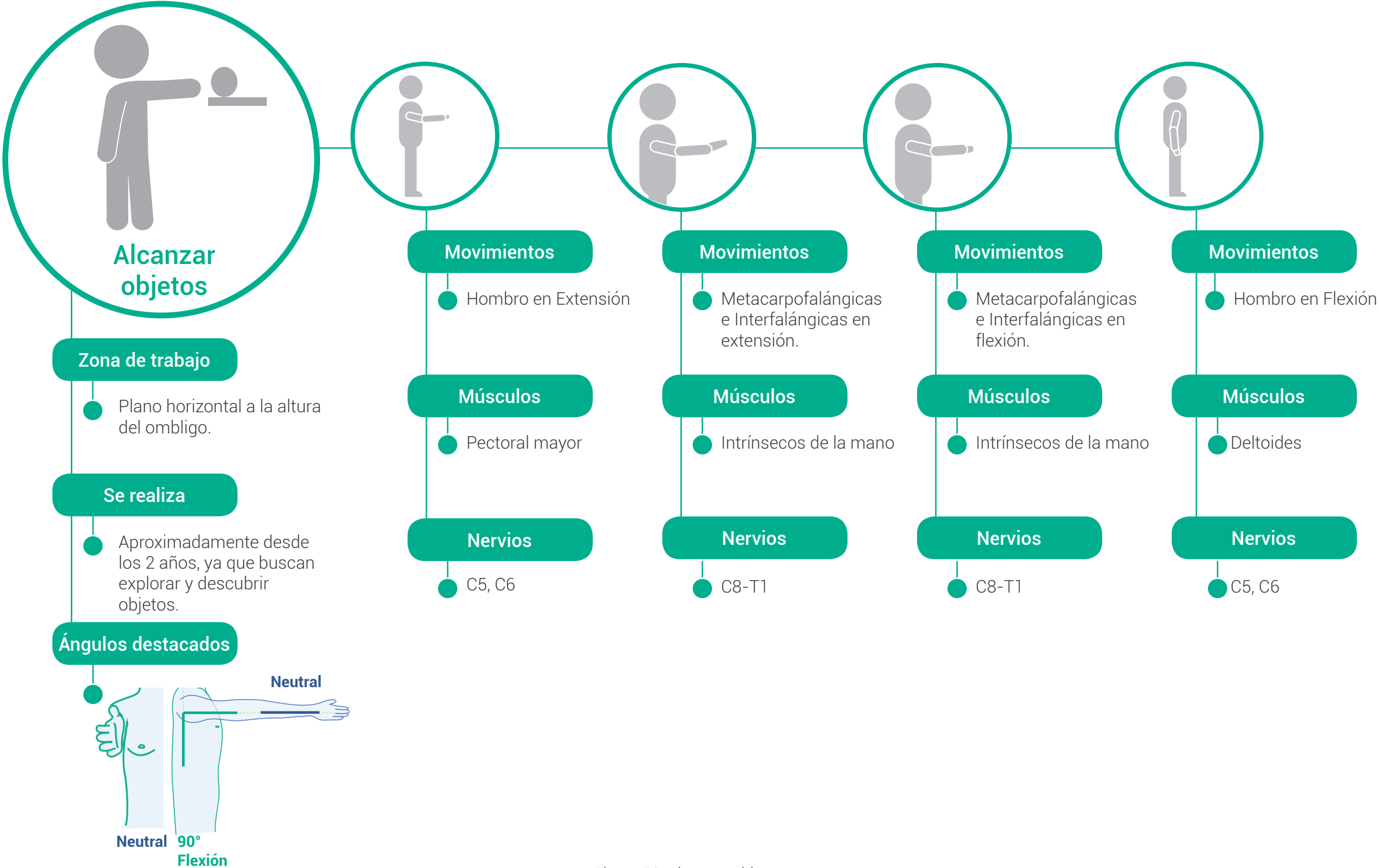


Figura 56. Alcanzar objetos.

# Análisis de lo existente

Contemplan varios productos del mercado analizados en ciertos temas específicos, para así identificar algunos de los rasgos que el producto a diseñar debe contemplar y de ser necesario aplicar, los siguientes diagramas resumen el análisis realizado:

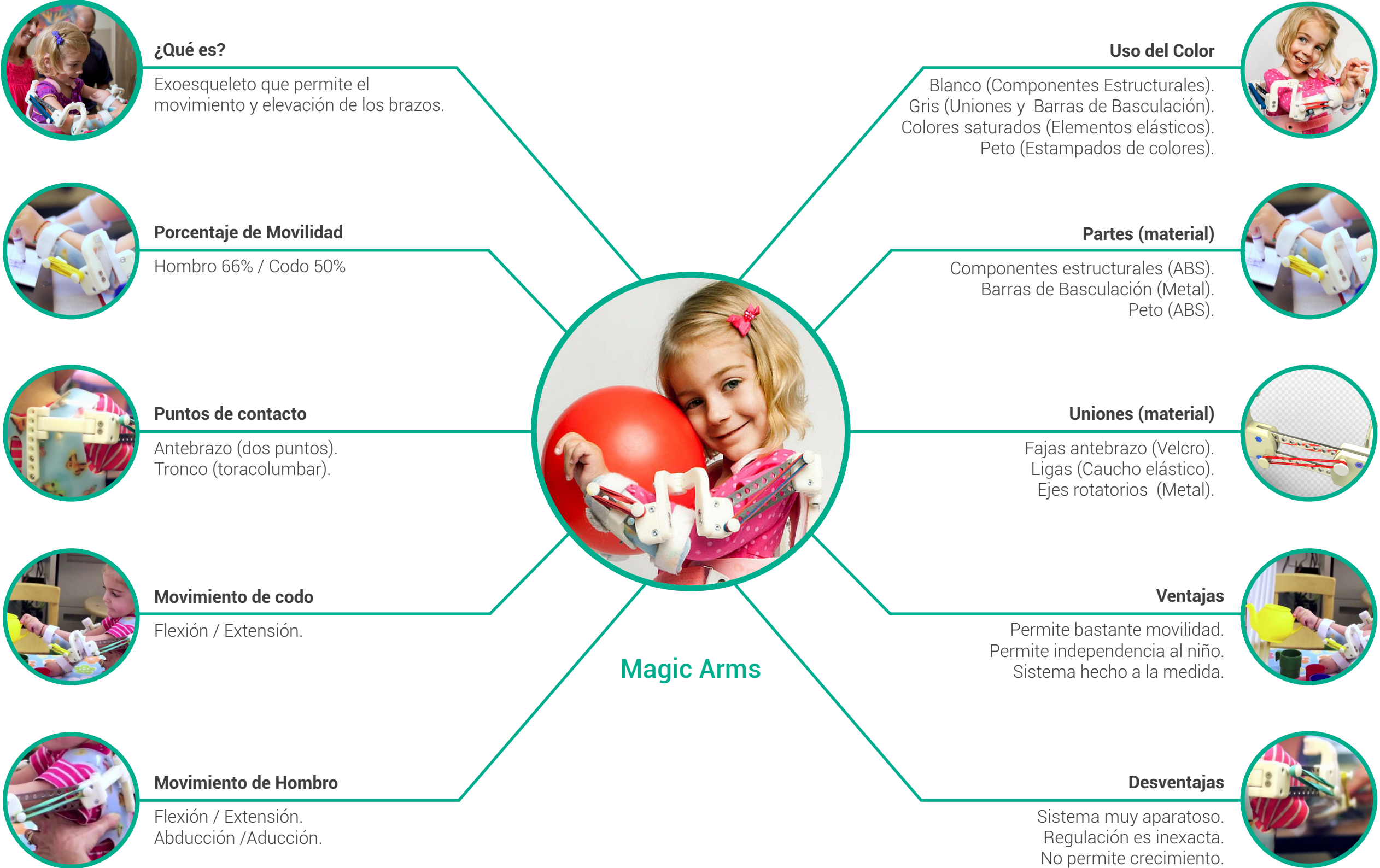


Figura 57. Magic Arms.

# Análisis de lo existente

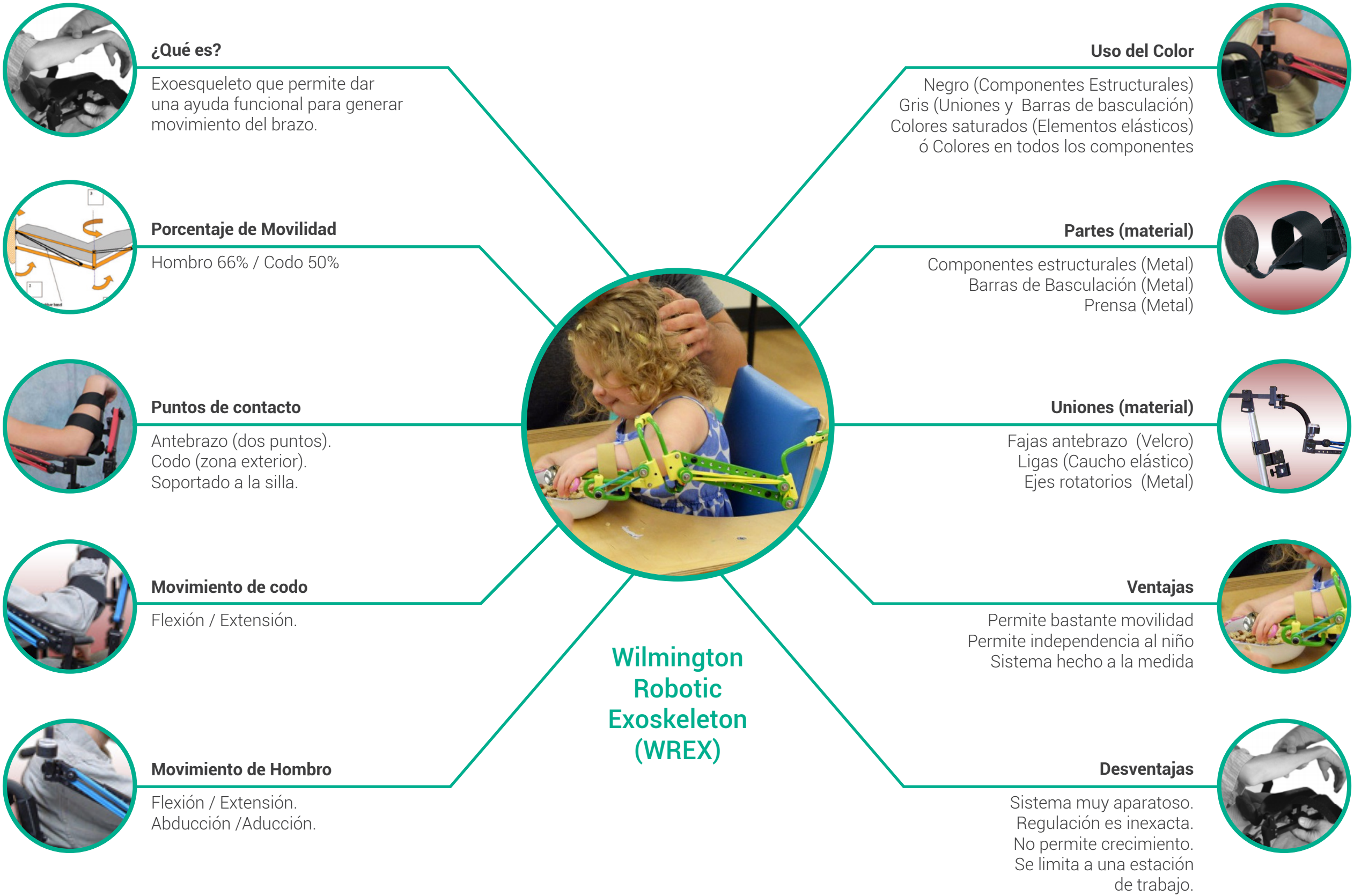


Figura 58. WREX.



# Análisis de lo existente

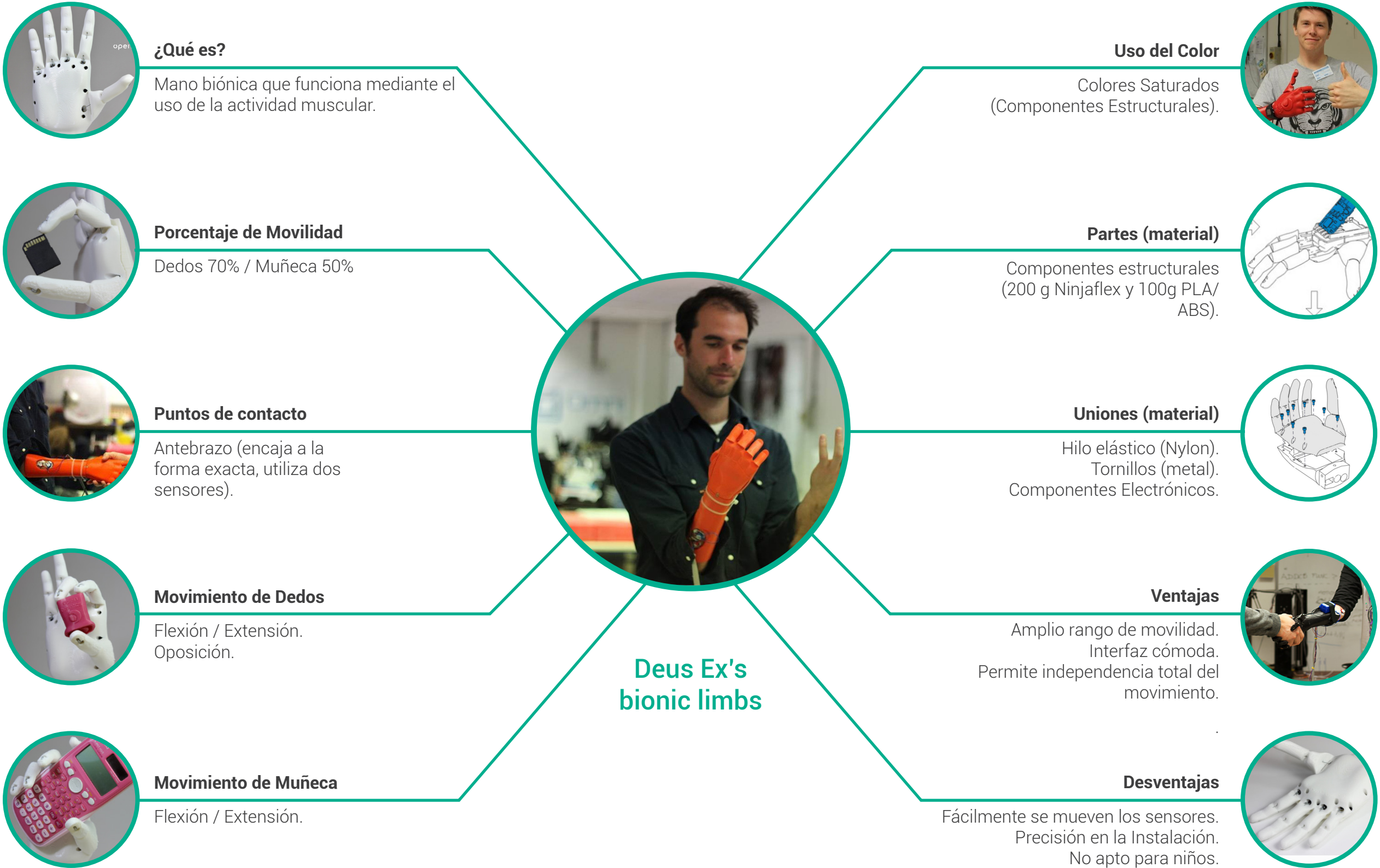


Figura 59. Deus Ex's bionic limbs.

# Análisis de lo existente

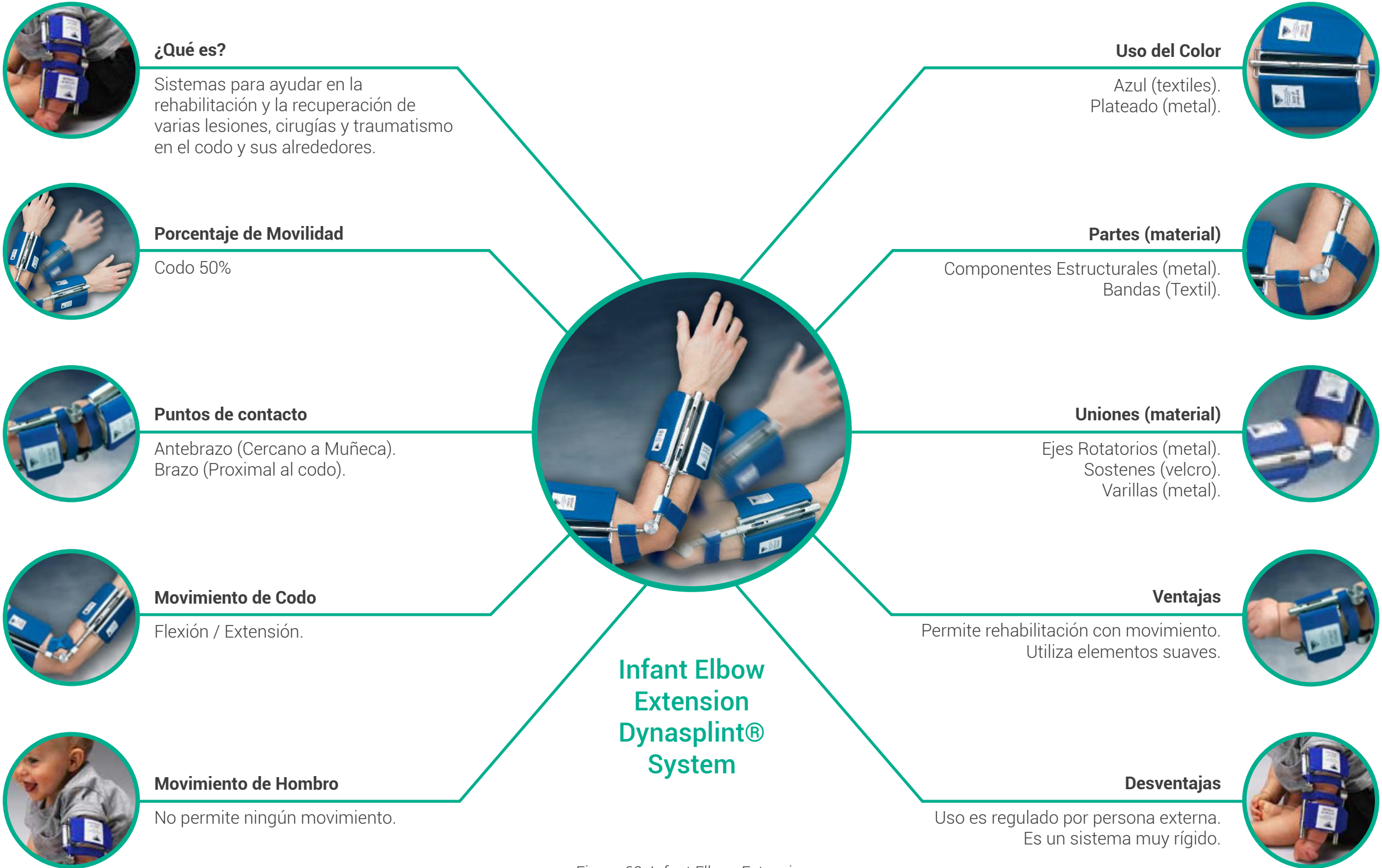


Figura 60. Infant Elbow Extension Dynasplint® System.



# Análisis de lo existente



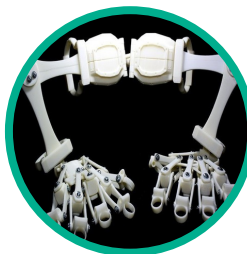
## ¿Qué es?

Sistema para la movilidad de las extremidades superiores y para experimentación electrónica.



## Porcentaje de Movilidad

Codo 50%  
Hombro 66%



## Puntos de contacto

Antebrazo (Proximal a Muñeca).  
Brazo (al medio).  
Espalda (entre las escápulas).



## Movimiento de Codo

Flexión / Extensión.



## Movimiento de Hombro

Flexión / Extensión.  
Abducción /Aducción.



## Alex Czech's 3D Printable Exoskeleton Arms

Figura 61. Alex Czech's 3D Printable Exoskeleton Arms.

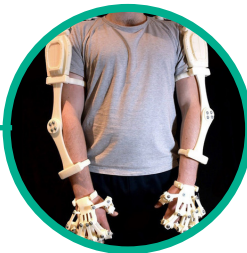
## Uso del Color

Blanco (color del material).  
Plateado (uniones).



## Partes (material)

Componentes Estructurales (ABS).



## Uniones (material)

Pines y Tornillos (Aluminio).



## Ventajas

Permite una gran movilidad en dedos, brazos y espalda.  
Gran cantidad de uniones.



## Desventajas

Es muy aparatoso.  
La gran cantidad de uniones puede generar más movilidad de la requerida.



# Análisis de lo existente

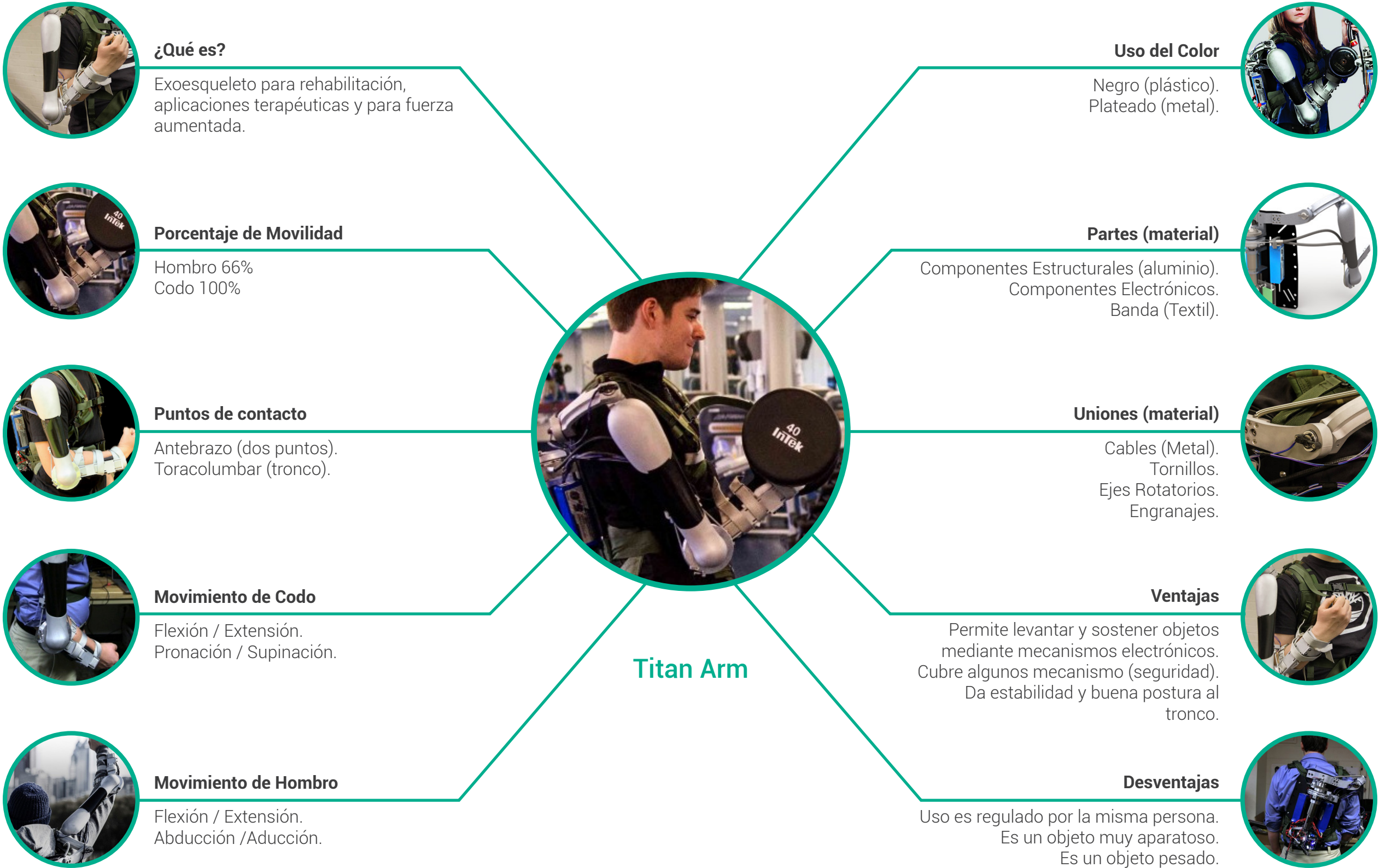


Figura 62. Titan Arm.



# Análisis de lo existente

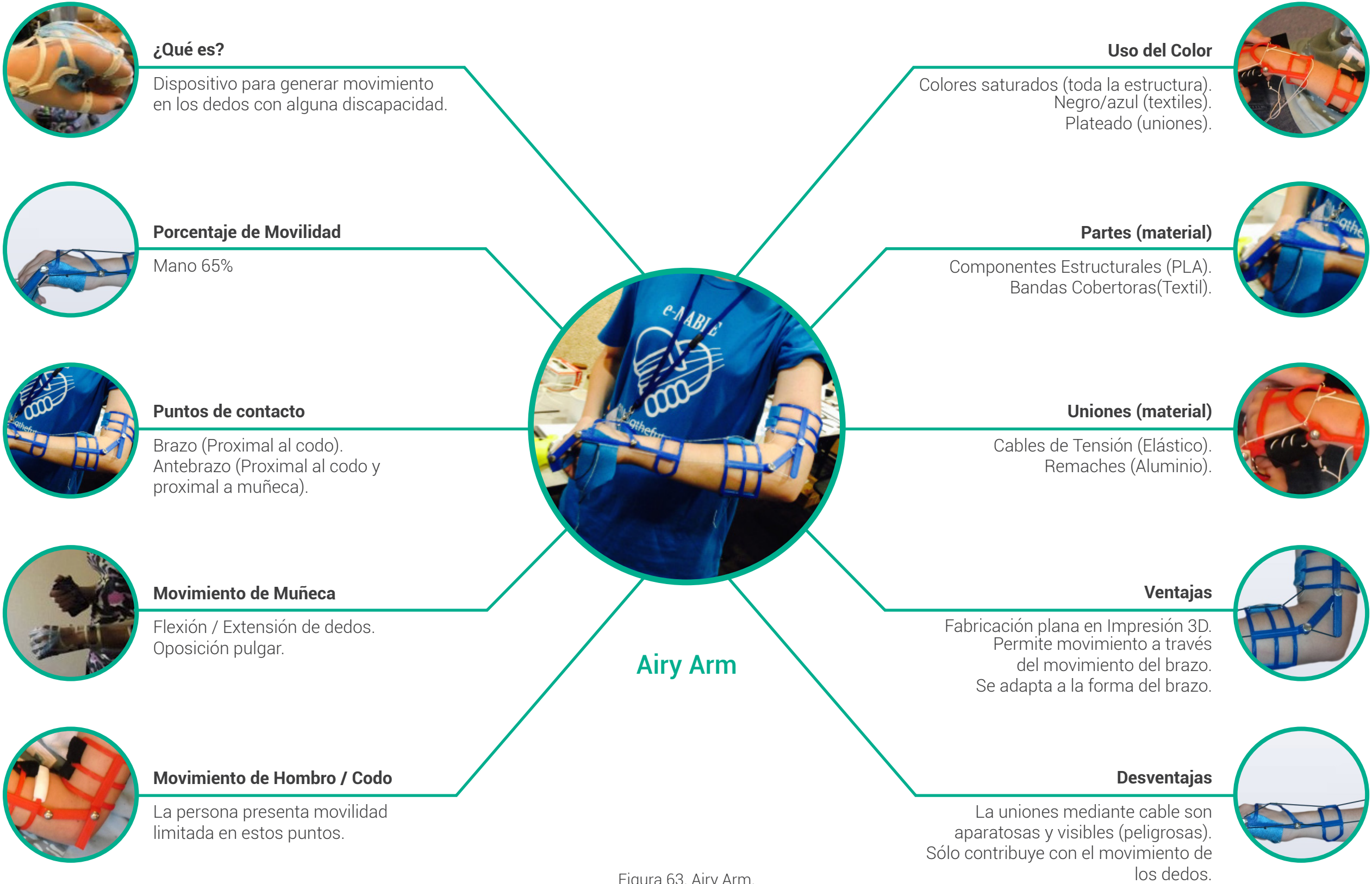


Figura 63. Airy Arm.

# Análisis de lo existente



Figura 64. Spine Ergo BUG Armor.

# Análisis de lo existente

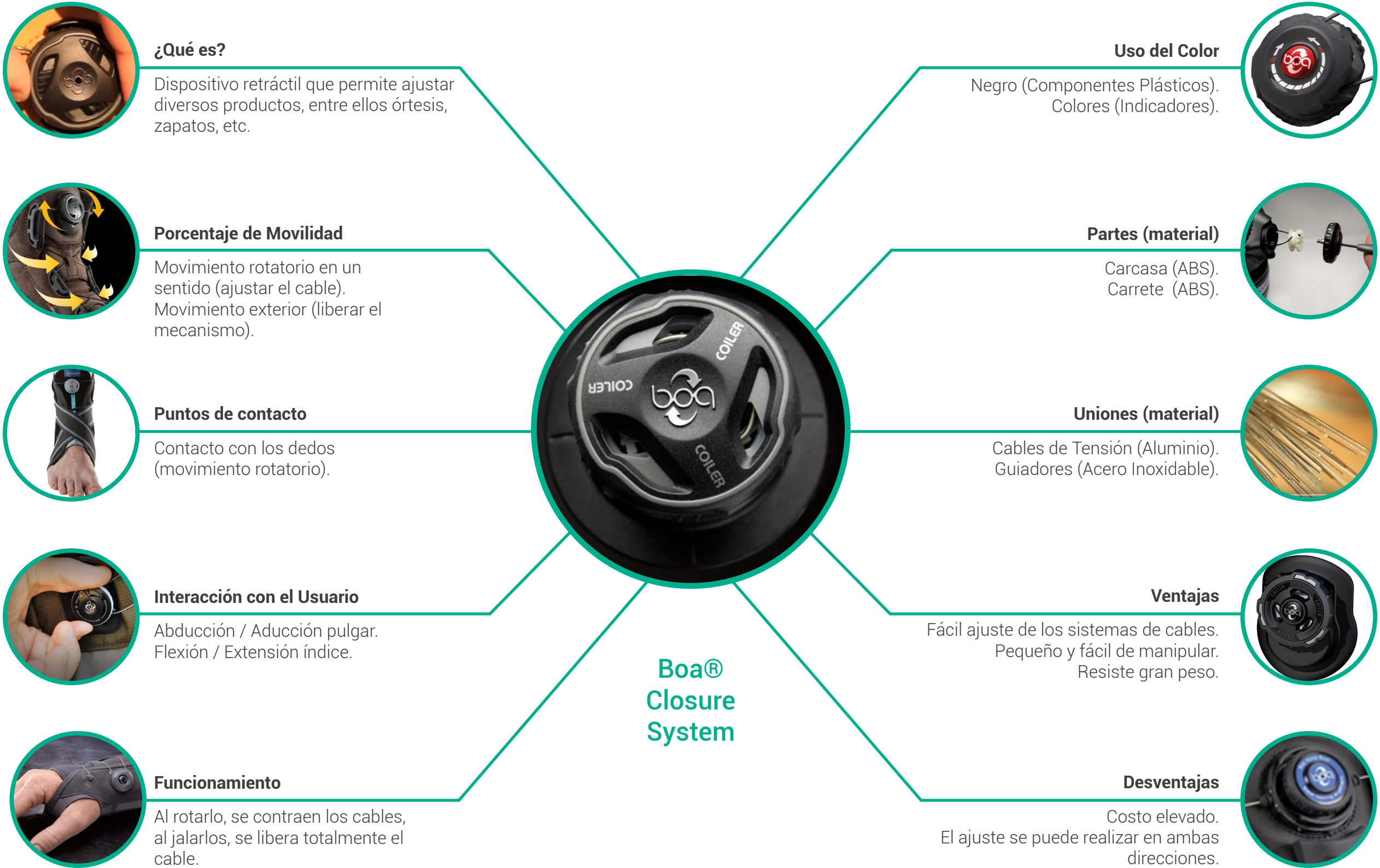


Figura 65. Boa® Closure System.



# Análisis de lo existente

## Conclusiones de lo existente

Con los objetos analizados se puede generalizar algunos de los aspectos estudiados dando una idea de lo que debería contener el producto, el resumen se encuentra en el siguiente diagrama, los puntos a considerar en el producto a diseñar se señalan con color verde:



Figura 66. Conclusiones de lo existente.



# Vocabulario visual

El vocabulario visual permite dar una idea de los objetos existentes que tienen una función común y que concede familiarización al usuario que está acostumbrados a utilizarlo, por lo que se recurrió a este recurso como guía para diseñar algunas de las partes y sistemas.

## Objetos referenciales de perillas

Estas perillas se consideran para el sistema de ajuste de ángulos.



Figura 67. Perillas.

Las perillas contienen relieve para proporcionar el agarre adecuado, todas son circulares para permitir el movimiento y con indicadores de la posición en la que se encuentran.

## Objetos referenciales para sistema de seguridad

Estos sistemas se toman en cuenta para brindar seguridad a los mecanismos presentes en el producto y que los niños no puedan modificarlos.



Figura 68. Seguridad.

Sistemas cuentan con forma - contraforma, cobertores o elementos de bloqueo.



# Vocabulario visual

## Objetos referenciales sistema de ajuste y sujeción al cuerpo

Se estudian mecanismos de ajuste y sujeción al cuerpo para determinar el más adecuado para el ajuste del peto y del antebrazo.



Figura 69. Ajuste y sujeción.

Ajuste con cintas de tamaño regulables, con broches, velcro o hebillas.



# Vocabulario visual

## Objetos referenciales retículas en impresión 3D



Figura 70. Retículas.

Sustracción de material en determinados puntos, la trama sigue una dirección, mejoran la estética del producto.



# Vocabulario visual

## Objetos referenciales uniones y componentes estándar



Figura 71. Uniones.

Se busca en las uniones que sean sencillas pero funcionales, hay combinaciones de material en otros casos todo el material es el mismo.



# Vocabulario visual

## Objetos referenciales mecánicos

Se estudian mecanismos de ajuste de dimensiones, de movimiento rotatorio o respecto a un eje en común entre piezas, logrando diferentes ángulos, como referenciales para resolver algunos mecanismos del sistema.



Figura 72. Mecanismos.

El ajuste dimensional se puede realizar introduciendo un elemento en otro, por medio de un carril.

# Análisis perceptual

## Entrevista con psicopedagoga

Como herramienta para la estética del producto a diseñar se toma en cuenta aspectos psicológicos y pedagógicos de niños en esas edades, por ello se citaran a continuación aspecto a considerar en el diseño y para la aceptación de la órtesis en niños de 3 a 6 años. De Rodríguez, 2016.

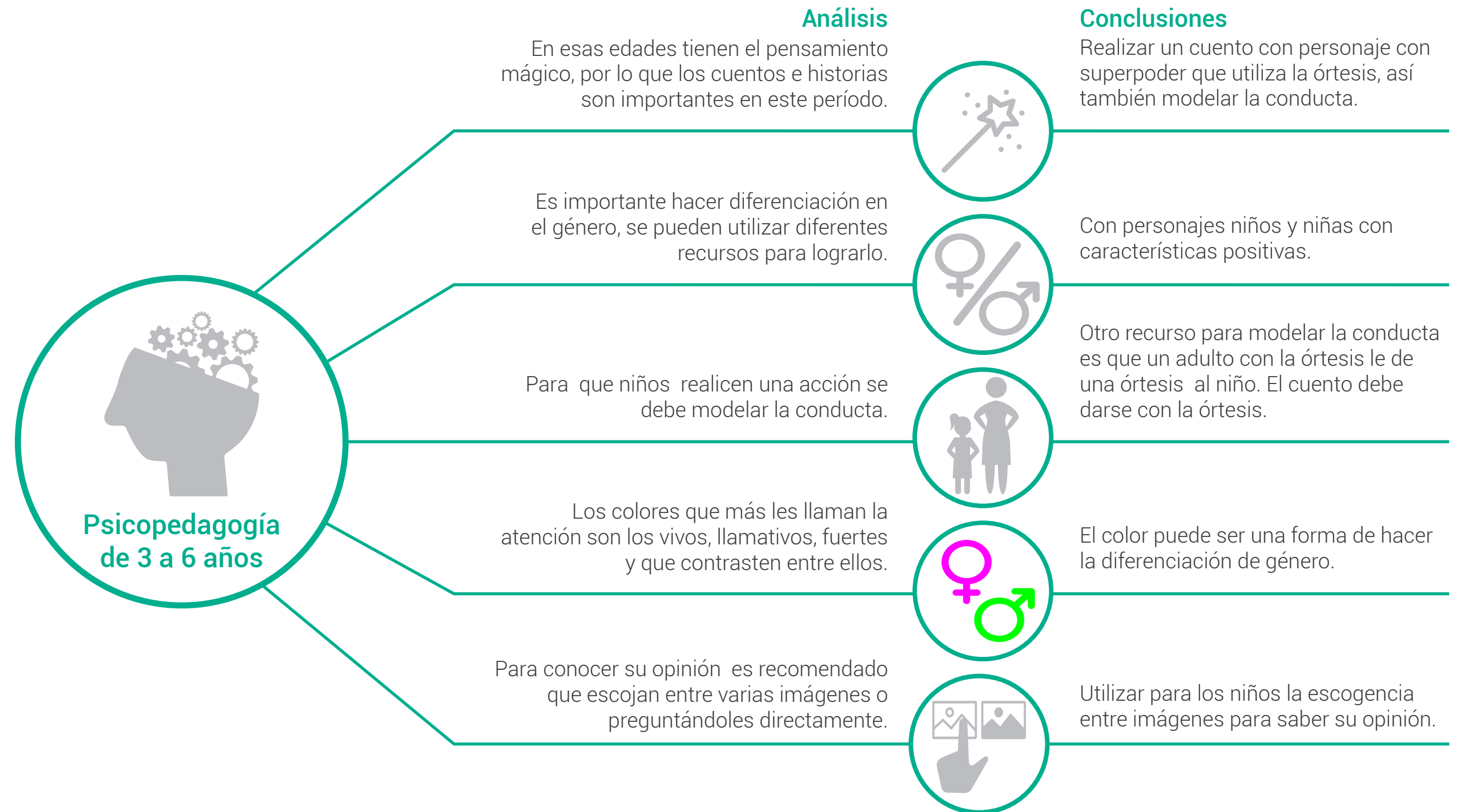


Figura 73. Psicopedagogía.



# Análisis de personajes

Este análisis contempla las posibles caricaturas o películas que los niños vean, para analizar su vestimenta para luego poder aplicarlo a la estética del producto a diseñar, se analizan por separado personajes en las siguientes categorías: superhéroes, hadas-princesas-príncipes, humanos, extraterrestres y animales.

## Superhéroes





# Análisis de personajes

## Hadas y princesas / príncipes



Figura 75. Hadas y princesas / príncipes.



# Análisis de personajes

## Humanos



Figura 76. Humanos.



# Análisis de personajes

## Extraterrestres

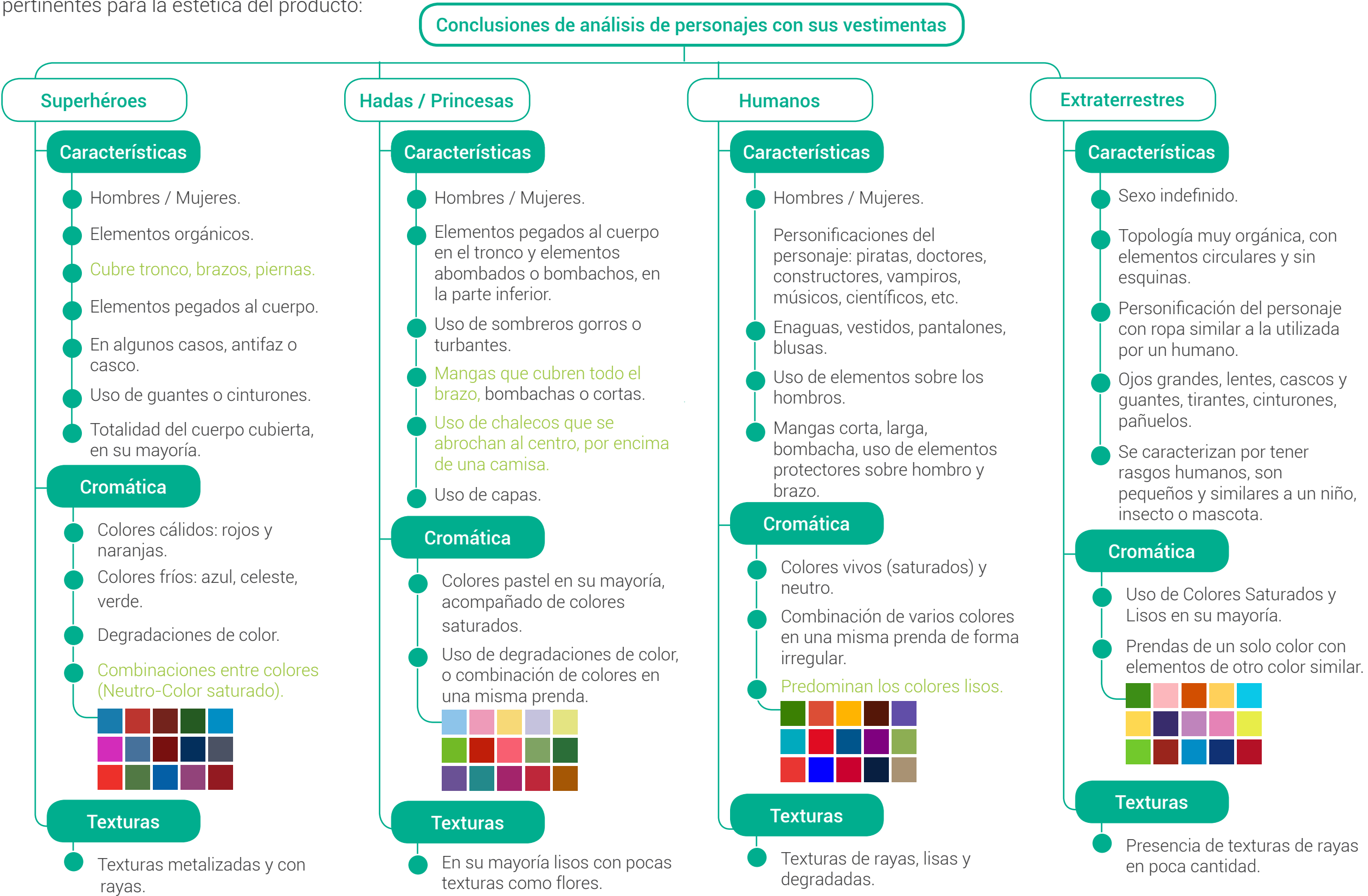


Figura 77. Extraterrestres.



# Análisis de personajes

El esquema resume las principales conclusiones de la vestimenta de cada categoría, los elementos destacados en verde son los que se consideran pertinentes para la estética del producto:



# Análisis de disfraces

Se revisan los disfraces de diversidad de personajes para identificar los elementos que tienen, colocando versiones para mujer y hombre para que no se rechace por el género.



Mayoría cuentan con alguna diferencia en los antebrazos, como armaduras, además de ser de manga larga. Si hay diferencias importantes entre los hombres y las mujeres. En el pecho la mayoría tienen algún logo o marca. Son con textiles y blandos.

Figura 79. Disfraces.



# Análisis de juguetes

## Moodboard juguetes

Este se realiza para analizar la forma de utilización de los personajes sobre los juguetes, qué personajes utilizan, además de cuál es la cromática que se utilizan en los juguetes de niños de 3 a 6 años.



Figura 80. Juguetes.



# Análisis de juguetes

Esquema resume las principales conclusiones de los juguetes estudiados, los elementos destacados en verde son los que se consideran pertinentes para la estética del producto:

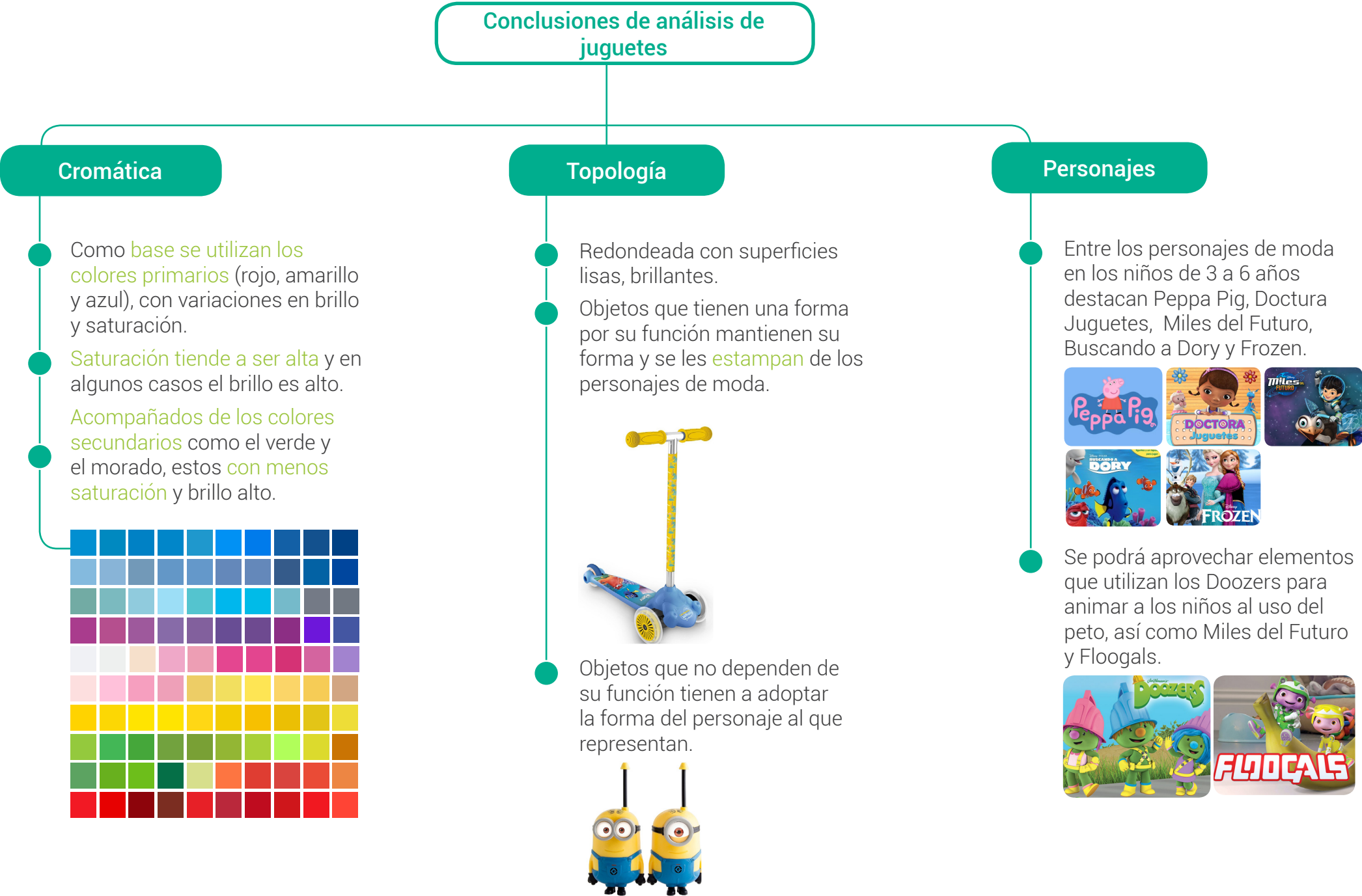


Figura 81. Conclusiones juguetes.

# Análisis de sondeo

Con el fin de conocer la opinión de niños de edades entre 3 a 6 años, acerca de sus gustos y preferencias en algunos parámetros a continuación expuestos, se realizó un sondeo a 8 niños en total, del Taller Infantil Pedagógico del Tecnológico de Costa Rica (TIPTEC), de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

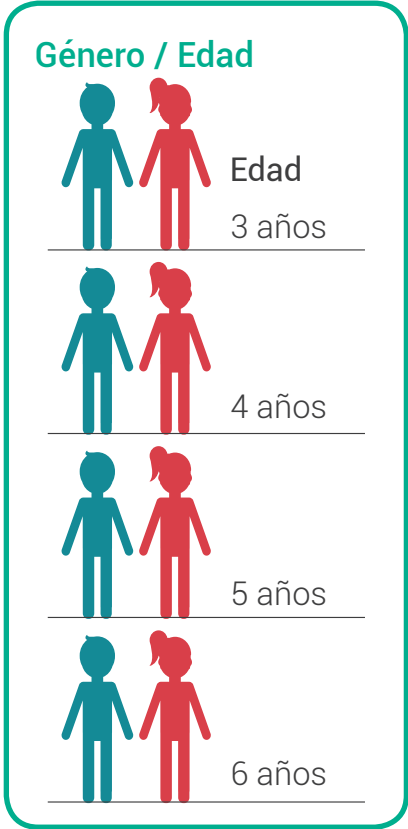


Figura 82. Gráfico: Género.

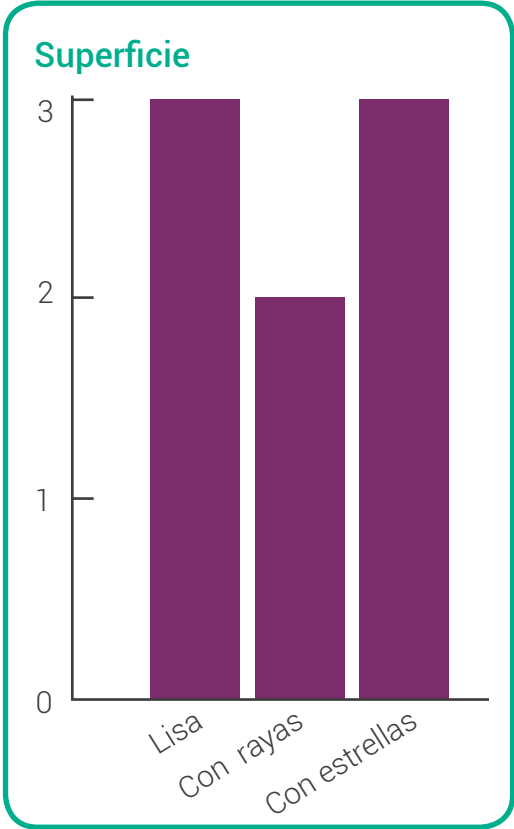


Figura 83. Gráfico: Superficie.

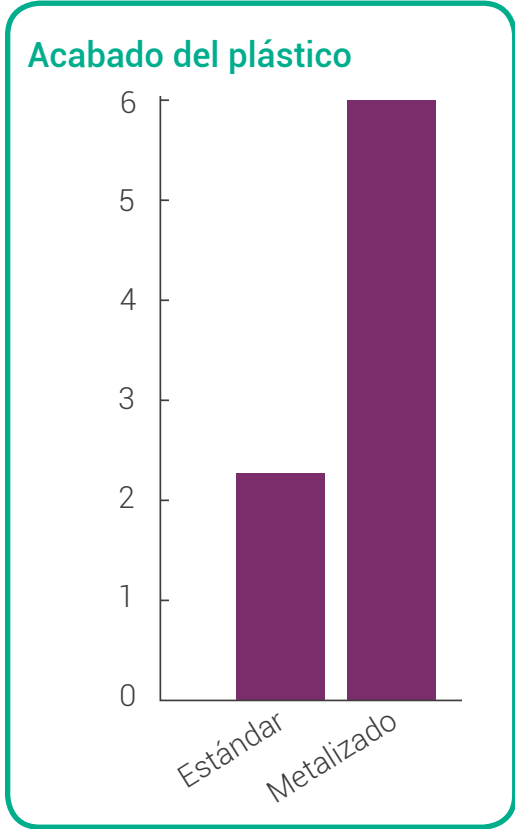


Figura 84. Gráfico: Acabado.

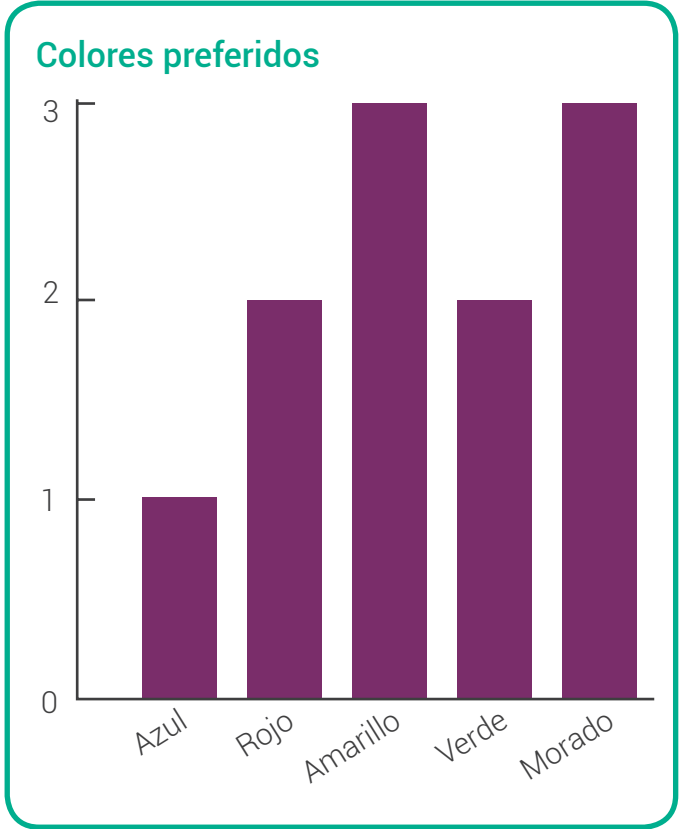


Figura 85. Gráfico: Colores.

## Análisis

En cuanto los colores el amarillo y el morado se encuentran entre los preferidos.

Seguidos por el rojo y el verde, terminando con el azul.

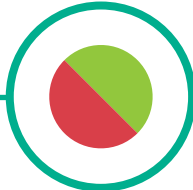
Superficies lisas o con estrellas quedaron empate pero las rayas no estuvieron cerca. El acabado del plástico preferido fue el metalizado.

## Conclusiones

Se puede utilizar estos colores, los cuales son complementarios y no se asocian a un género específico.

Detalles se pueden realizar en verde y azul, según corresponda.

No hay diferencia entre superficies estampadas o lisas pero si se prefieren los acabados metalizados por ser más brillantes.



# Análisis de sondeo

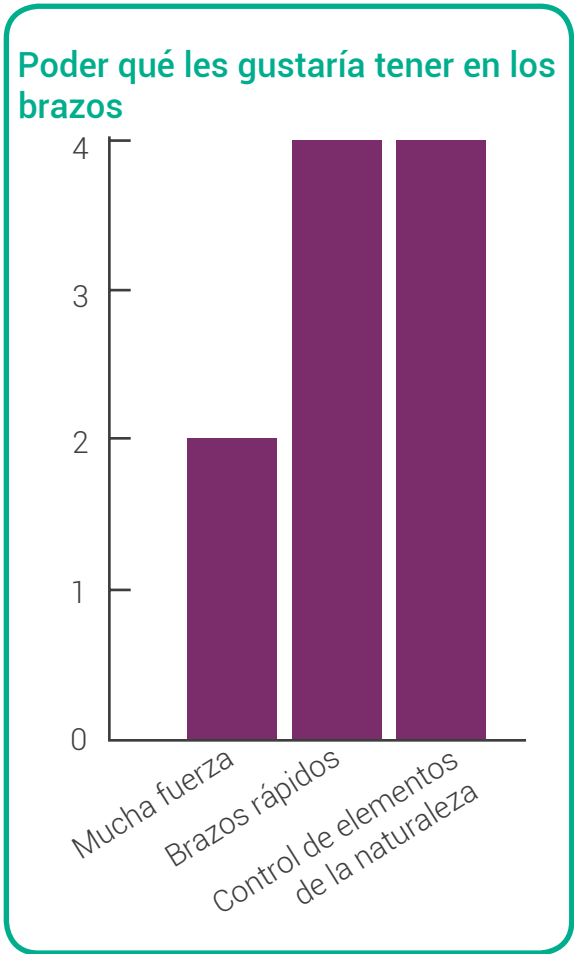


Figura 87. Gráfico: Poder.

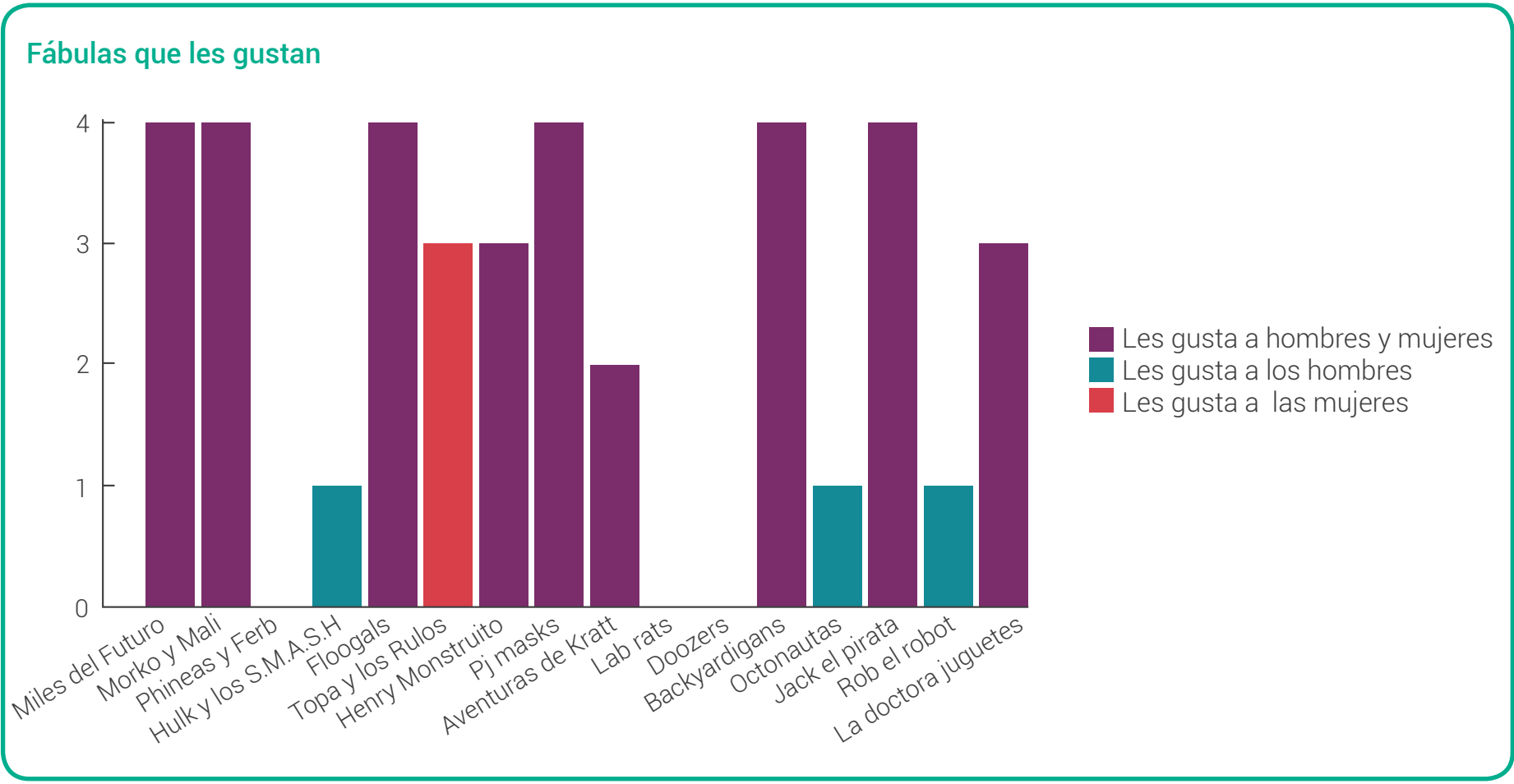


Figura 88. Gráfico: Fábula.

## Análisis

En los poderes para los brazos destacan los brazos rápidos y control sobre algún elemento de la naturaleza como el agua, fuego, hielo o truenos.

Las fábulas que destacan y lo hacen en ambos sexos son Miles del Futuro, Floogals, Pj masks, Morko y Mali, Backyardigans, Jack el pirata y La doctora juguetes.

## Conclusiones

Tiempo para realizar actividades debe ser rápido (colocarse la órtesis). Así como tener el control sobre su entorno.

En las 3 primeras, los personajes utilizan alguna clase de traje como para otro planeta o de superhéroe.



Figura 89. Conclusión gráficos 2.

# Análisis de sondeo

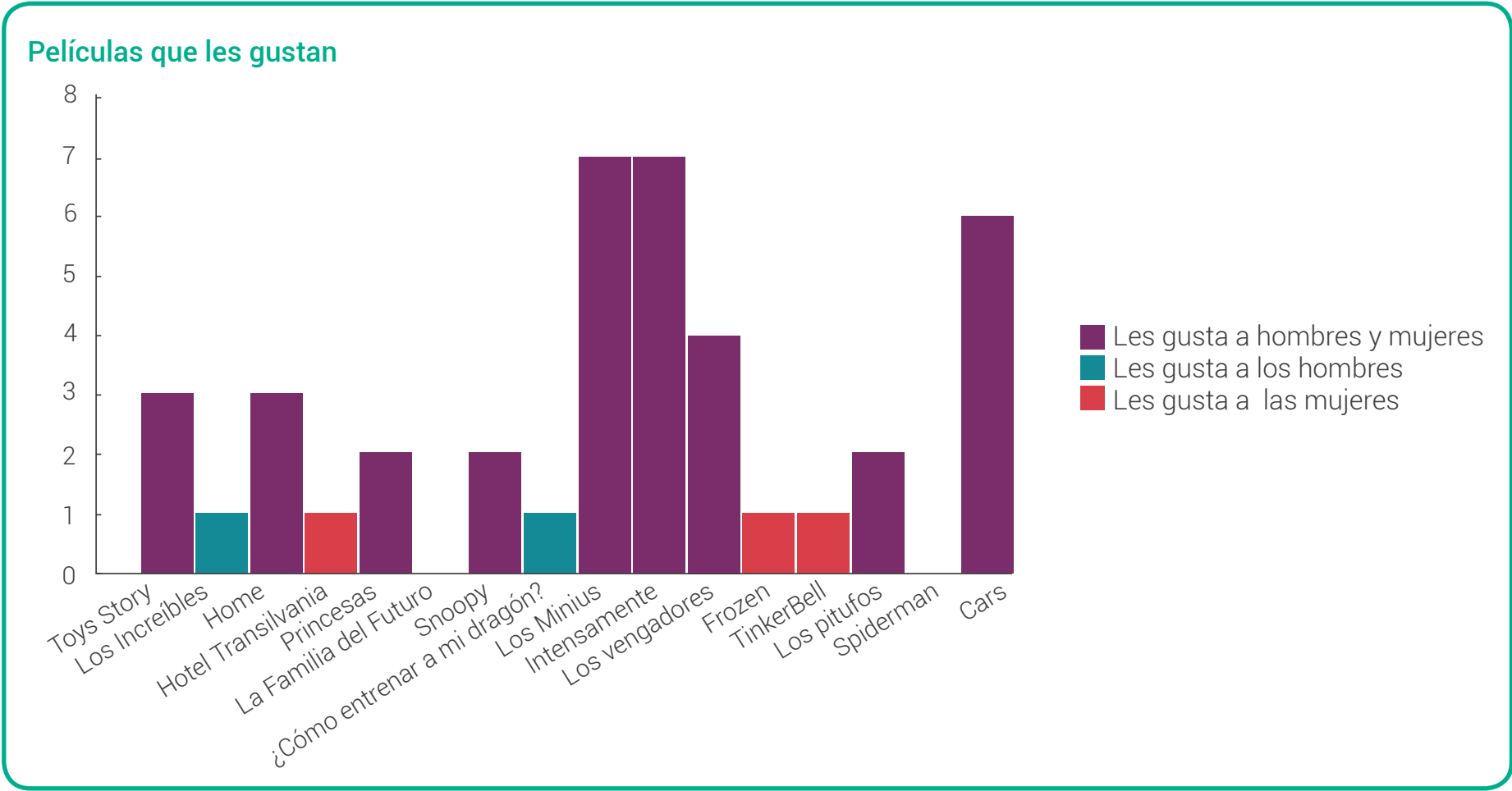


Figura 90. Gráfico: Película.

## Análisis

De las películas destacan Los Minius, Intensamente y Cars. Todos tienen características humanas aunque no son humanos.

## Conclusiones

Personaje para la historia deberá ser no humano, pero con características humanas, gracioso para simpatizar con niños y niñas.

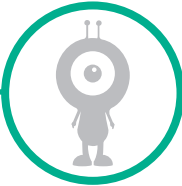


Figura 91. Conclusión gráficos 3.



# Análisis de sondeo

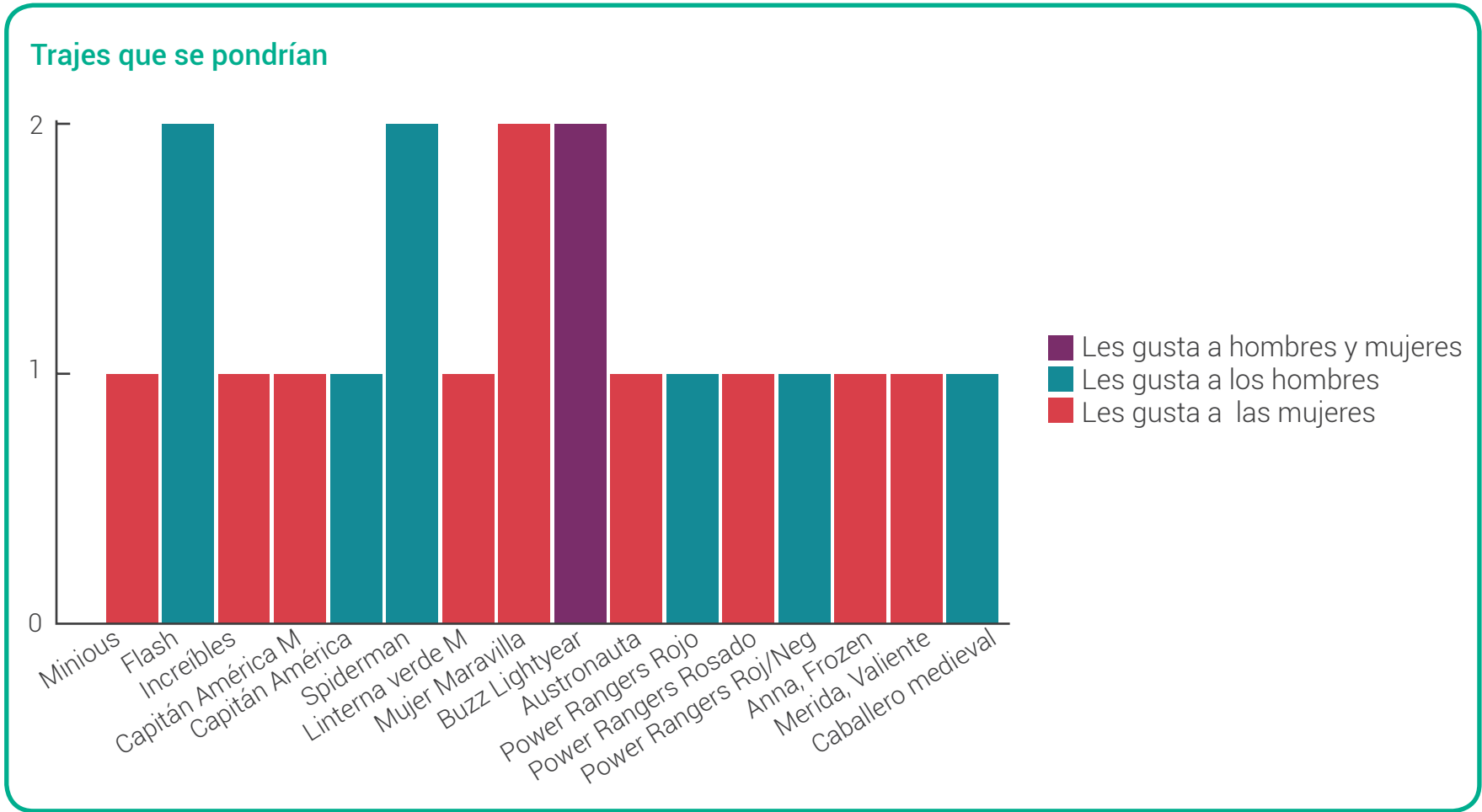


Figura 92. Gráfico: Trajes.

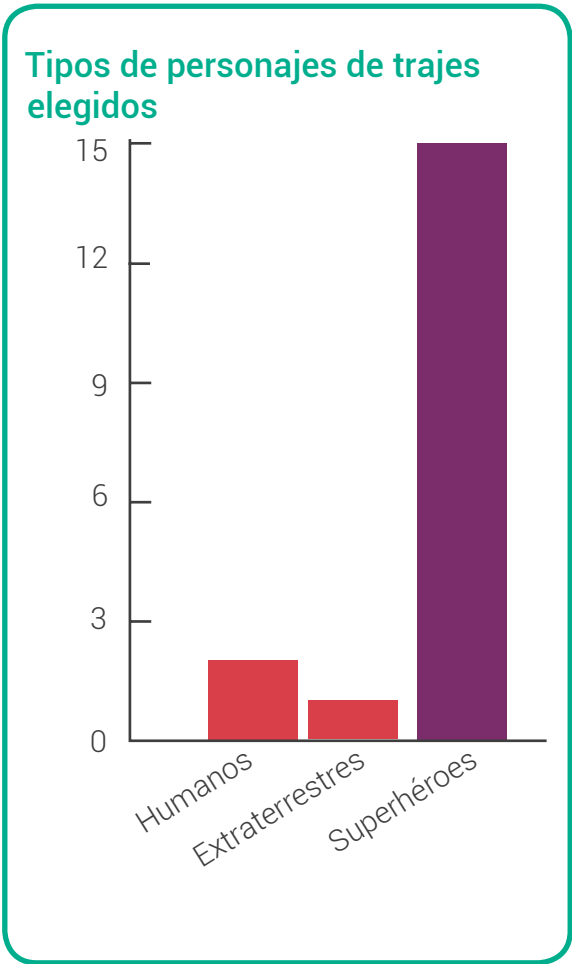


Figura 93. Gráfico: Tipo de personaje.

## Análisis

En traje la distinción de género es importante. Destacaron los de superhéroes tanto para hombres como para mujeres con Flash, Spiderman, La Mujer Maravilla y BuzzLightyear.

## Conclusiones

Dar la connotación de un traje de superhéroe es importante para la aceptación, tanto para el niño que utiliza la órtesis como para otros.



Figura 94. Conclusión gráficos 4.

# Análisis de sondeo

Se les pidió a los niños que pintarán el traje que ellos utilizarían si fueran superhéroes para identificar los puntos de mayor relevancia para ellos y ya que por medio del dibujo pueden expresarse libremente.



4 años



5 años



6 años

Figura 95. Dibujos niños

# Análisis de sondeo

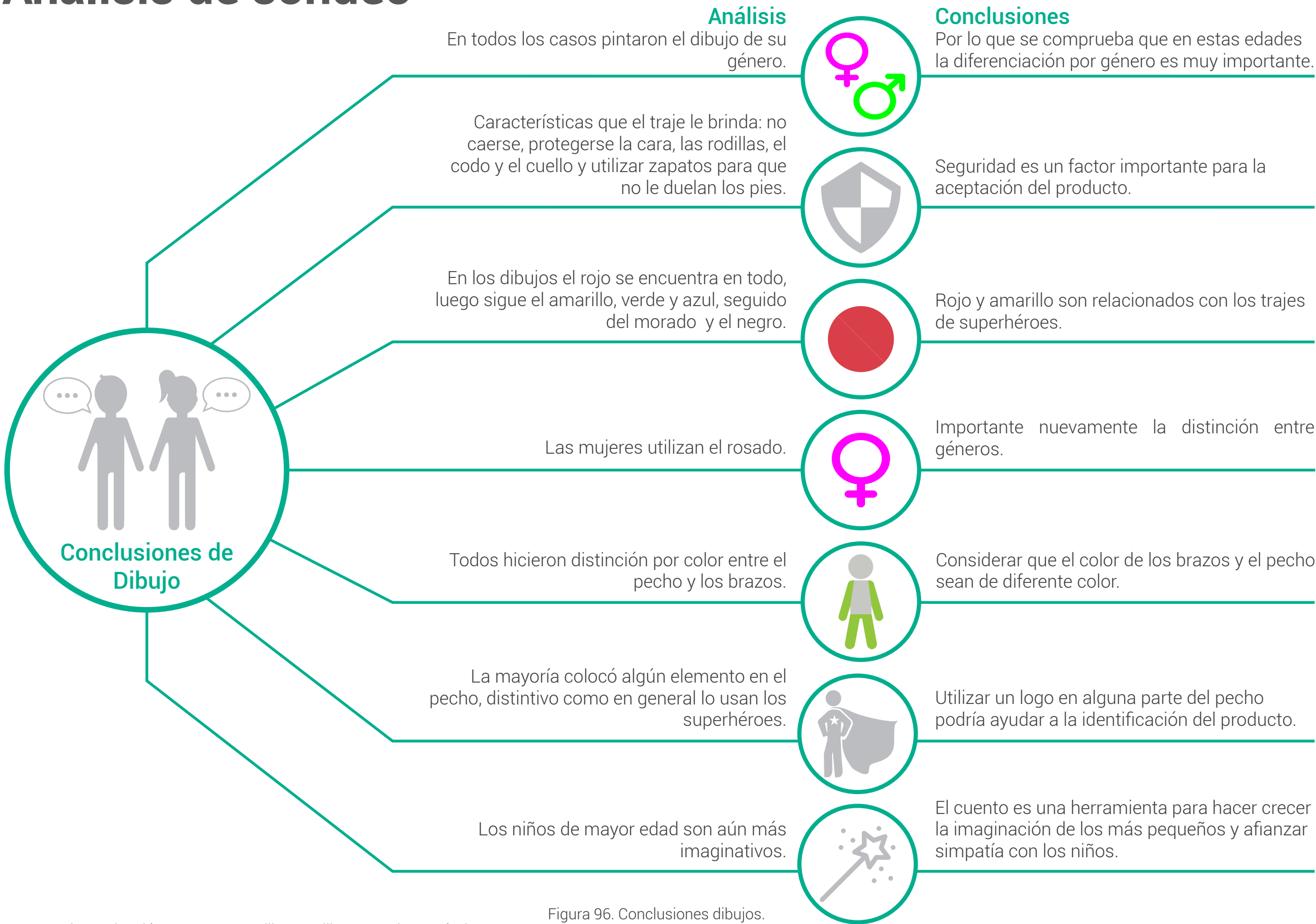


Figura 96. Conclusiones dibujos.

# Análisis cromático

## Psicología del color

Se consideran los efectos que pueden causar los colores en las personas, para tomar en cuenta este factor al momento de combinar los colores y transmitir un buen mensaje a los niños. El siguiente esquema enuncia por color los mensajes que transmite según el libro "Sensación, Significado y aplicación del color" (Arias, C. 2010).

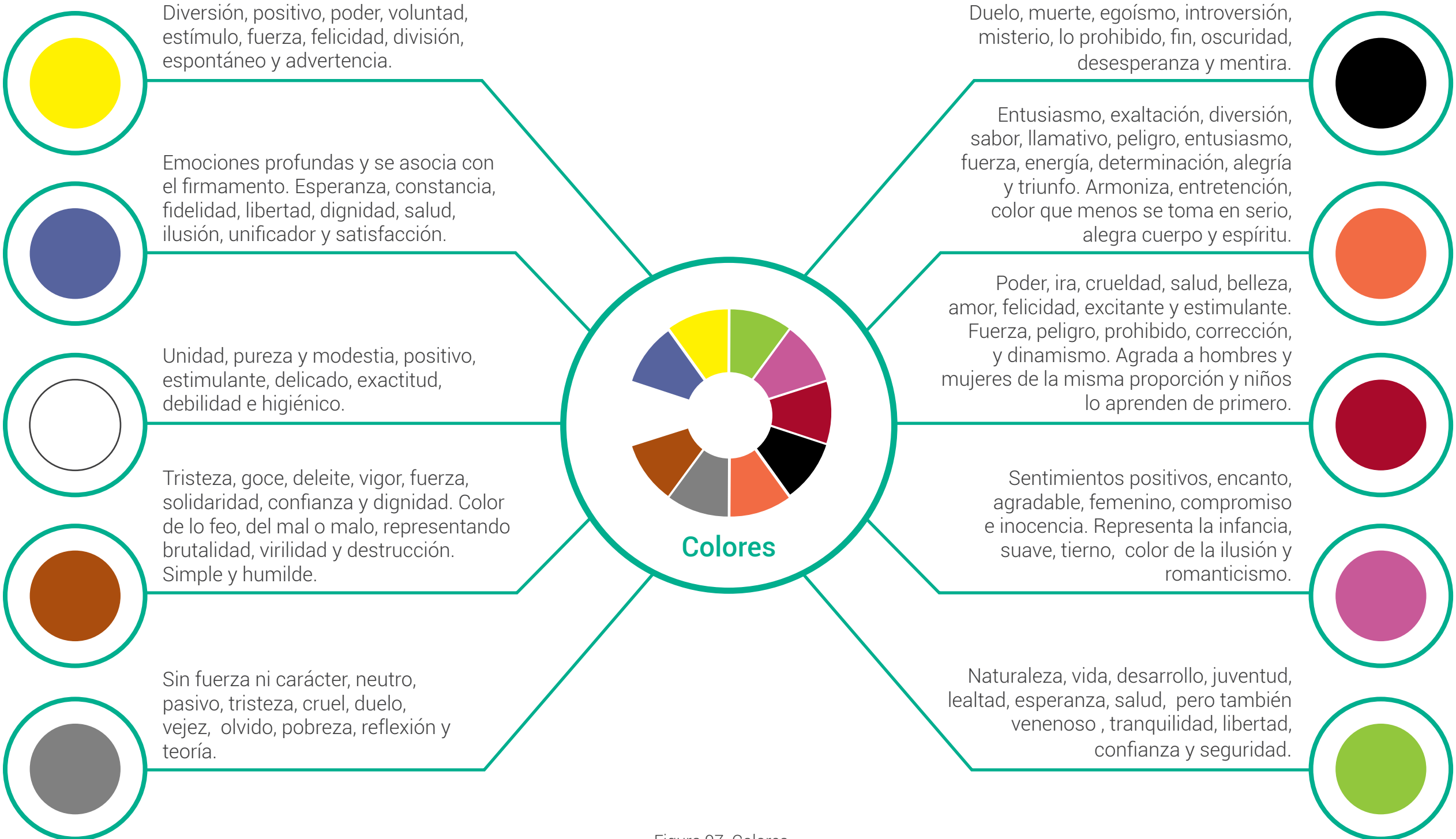


Figura 97. Colores.






# Análisis cromático

## Conclusiones de color






El color es un buen elemento para comunicar y para personalizar el producto. Se destaca de los análisis anteriores el uso de acabados brillantes, colores saturados lisos acompañados con colores neutros, generalmente en las estructuras. El color rojo estaba en cada uno de los dibujos realizados por los niños en el sondeo, el cual tiene connotación de excitante, estimulante y de fuerza, y aunque se recomienda una distinción entre géneros, este color es igualmente aceptado por hombres y mujeres.

Se recomienda el uso de tres colores, distinguiendo entre la estructura, elementos de ajuste y cobertores. De esta manera se le da una función al color dentro del diseño y se coloca estratégicamente. Se buscará que la estructura sea de un color neutro, o el menos llamativo de los 3 y el más saturado para la parte del cobertor, ya que de esta forma denotará los poderes que tiene al usar el dispositivo en niños y los elementos de ajuste en el tercer color, diferenciándose entre los anteriores. Sin embargo, como el color se utilizará en este caso para la personalización del producto, el usuario también podrá escoger entre los colores disponibles o combinaciones predeterminadas, siempre y cuando los colores se encuentren en la gama de filamentos disponibles; ya que; el color base es dado por dichos filamentos.

A continuación una serie de combinaciones apropiadas, se toma como base colores disponibles para la impresión 3D:

Estructura	 Gris	 Gris	 Gris	 Gris	 Gris	 Gris	 Gris
Elementos de ajuste	 Blanco	 Blanco	 Dorado	 Rojo	 Blanco	 Blanco	 Blanco
Cobertores	 Rojo	 Dorado	 Rojo	 Dorado	 Rosado	 Naranja	 Verde

Estructura	 Gris	 Amarillo	 Blanco	 Blanco	 Gris	 Gris	 Amarillo
Elementos de ajuste	 Amarillo	 Gris	 Rojo	 Azul	 Azul	 Amarillo	 Gris
Cobertores	 Rojo	 Rojo	 Azul	 Rojo	 Rojo	 Naranja	 Naranja





Estructura	 Amarillo	 Amarillo	 Gris	 Gris	 Gris	 Amarillo	 Gris
Elementos de ajuste	 Blanco	 Naranja	 Dorado	 Azul	 Blanco	 Blanco	 Amarillo
Cobertores	 Rojo	 Rojo	 Azul	 Dorado	 Azul	 Azul	 Rosado

Figura 98. Combinaciones.

Tres partes diferenciadas del color, estructura (neutro), elementos de ajuste, y cobertores (el más llamativo). Se pueden crear diversidad de combinaciones permitiendo la personalización, siempre y cuando se cuente con el filamento del color específico.



# Análisis de cuentos

## Moodboard de cuentos para niños de 0 a 6 años

Como conclusión de análisis previos se determinó que para la aceptación del producto, se debe modelar una acción por lo cual la utilización de un cuento es una forma efectiva para lograr este cometido. Es por esto que se analizan varios cuentos a continuación:



Figura 99. Cuentos.



# Análisis de cuentos



Figura 100. Conclusiones cuentos.

# Análisis tecnológico

## Electromiografía

Debido al análisis de lo existente, se detectó que la gran mayoría de dispositivos utilizan la electromiografía como tecnología, por eso se investigó en qué consiste la tecnología para determinar si es adecuada para el producto a diseñar, la información se detalla en el siguiente esquema:



Figura 101. Electromiografía.

No se utilizará esta tecnología ya que no se recomienda en niños.



# Análisis tecnológico

Información extraída del libro "Así se hace. Técnicas de fabricación para diseño de productos", (Lefteri, 2008)

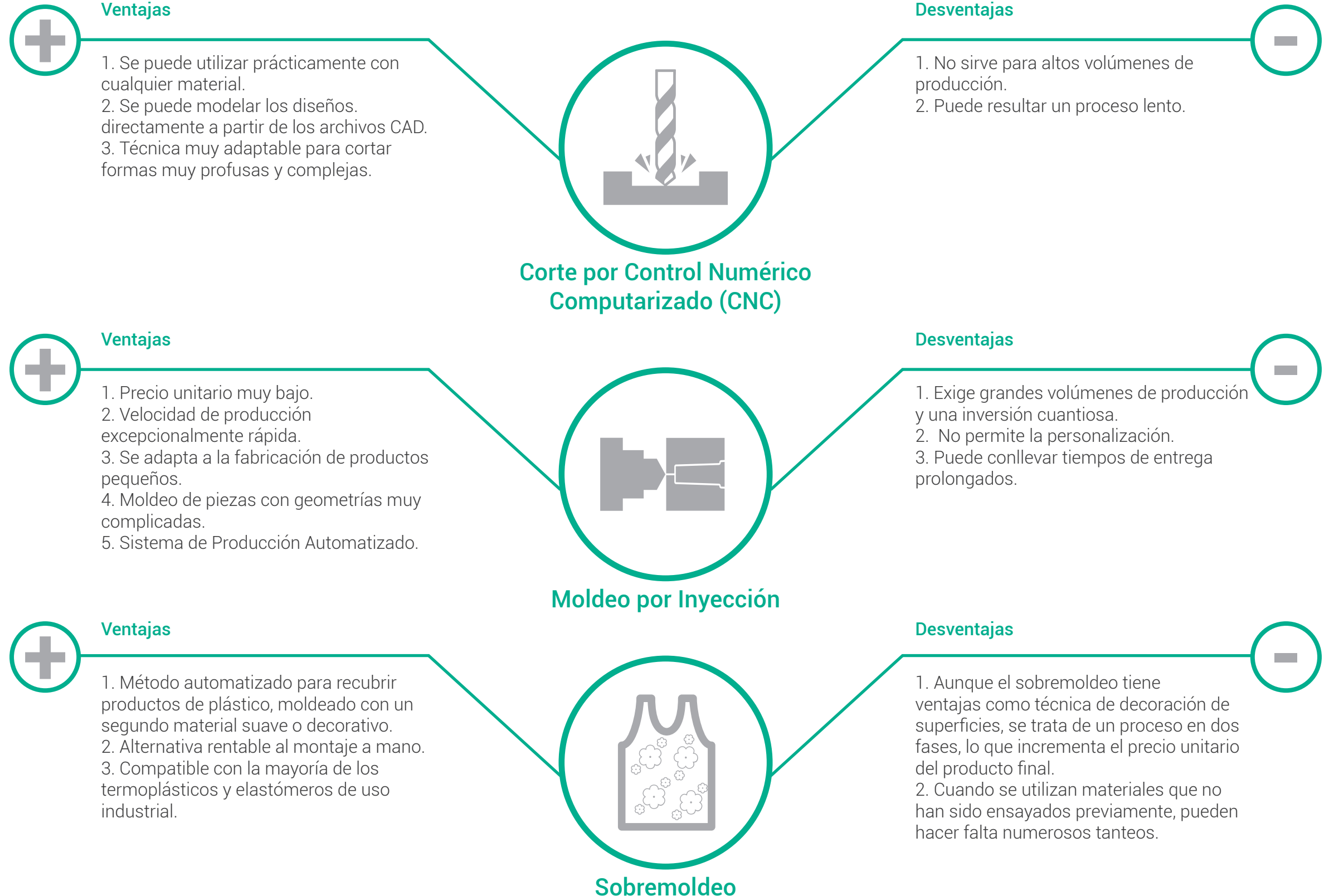


Figura 102. Resumen tecnologías 1.

# Análisis tecnológico



## Ventajas

1. Partes con excelentes propiedades mecánicas y altamente durables.
2. Se pueden realizar postprocesos: electro plateado, pintura, sand blasting, baños de acetona, entre otros.
4. Se pueden combinar con insertos metálicos (pausas programadas).
5. Se puede utilizar soporte soluble en agua (permite crear piezas complejas y ensambles en una sola impresión).
6. Tecnología más económica y rápida.



## FDM: Modelado por deposición fundida (Fused Deposition Modeling)

## Desventajas

1. Anisotropía en la dirección z (dirección vertical).
2. Baja calidad superficial y acabados.
3. Precisión dimensional y detalles finos no son fáciles de lograr (tolerancias máximas de  $\pm 0.13$  mm (0.005") en equipos de producción).
4. Existen limitaciones en el tamaño de los modelos que pueden requerir del diseño de ensambles y técnicas de adherencia para termoplásticos.



## Ventajas

1. Posibilidad de combinar materiales (características únicas y colores).
2. Se pueden imprimir materiales con diferentes propiedades mecánicas y diferentes densidades.
3. Modelos mucho más precisos.
4. Altas velocidades de impresión (múltiples cabezales).
5. Modelos de alta complejidad y realismo.



## PolyJet: Inyección de Material (Material Jetting)

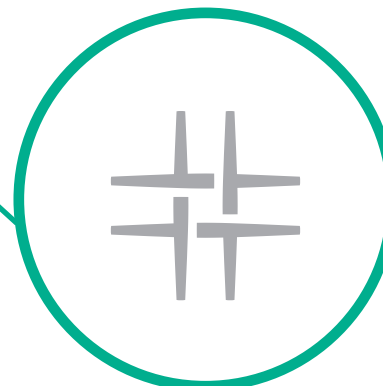
## Desventajas

1. Materiales simulados de durabilidad baja a media.
2. Propiedades limitadas en comparación con los termoplásticos.
3. Materiales sensibles a la luz del sol.
4. Alta sensibilidad a defectos en el modelo.



## Ventajas

1. Las fibras artificiales o sintéticas son elaboradas mediante un proceso industrial llamado polimerización.
2. Las fibras sintéticas y artificiales (Ej. Nylon, Elastano, Lurex, Poliéster) tienen las siguientes ventajas: menor costo, mejor apariencia, necesita menos cuidados y es más fácil de lavar y planchar.



## Polimerización Textil

## Desventajas

1. Las fibras sintéticas no permiten la transpiración corporal, debido a su escasa capacidad de absorción.
2. Los tejidos sintéticos son inflamables pues atrapan y propagan la flama.



Por las características del proyecto y las ventajas se decide que se utilizará la tecnología de FDM.

# Análisis de materiales

## Materiales y biocompatibilidad

Con el fin de determinar el material más adecuado para la fabricación del producto, se realizó una entrevista al Ingeniero en materiales del Tecnológico de Costa Rica Teodolito Guillén Girón, al Ingeniero Textil Demetrio Félix y con Giovanna Quesada Briceño, especialista del Núcleo textil del INA, así como la consulta a diversos productores nacionales de textiles, productores de Impresión 3D y sistemas de unión.



Figura 104. Materiales.



# Necesidades, requisitos y especificaciones de diseño

Necesidad	Requisito	Especificación
Dar estabilidad en sentido frontal posterior.	Soporte fontal y posterior.	3 puntos de apoyo tanto frontal como posterior.
Dar estabilidad en sentido lateral.	Brindar soporte lumbar.	3 puntos de apoyo en la zona toracolumbar (espalda).
Dar soporte torácico.	Dar, al menos, 3 puntos de apoyo.	1 puntos de apoyo arriba, 2 puntos abajo.
Ser ajustable a cada usuario.	Mecanismo de ajuste longitudinal (brazo, región escapular). Mecanismo de ajuste de diámetro (antebrazo y tronco).	Diámetro de brazo. Diámetro de tronco. Largo de brazo. Largo de escápula.
Producto con secciones rígidas y blandas.	Material rígido. Material flexible.	PLA (con aditivos) rígido. PLA (natural) flexible.
Ser un producto cómodo.	Material textil blando. Ajuste de los mecanismos. Bordes no pronunciados.	Algodón. Ajuste longitudinal y de diámetro. Todas las aristas redondeadas.
Ser un producto que permita la transpiración.	Presentar matrices de vaciado. Canales de expulsión de transpiración. Material poroso.	Matrices en peto (transpiración espalda y axilar). No cubrir pliegues. PLA.
Sea poco invasivo.	Pocos componentes. Piezas de dimensión pequeña.	20 piezas (en total).
Estéticamente agradable.	Cromática. Acabado del material. Forma orgánica. Pocos componentes. Uso de cobertores.	Colores raturados . Superficies metalizadas y pulidas. 20 piezas (en total). Cobertor brazo y antebrazo.
Liviano.	Material liviano. Pocos componentes .	Polímero termoestable. 20 piezas (en total).
Mantenerse ajustado durante el uso.	Material. Forma.	Mecanismos de ajuste rígido. Mecanismos de bloqueo.
Permitir movimientos de flexión y extensión de codo.	Sistemas rotatorios. Sistemas de ajuste.	Ajuste de angulación en codo y hombro. Uniones rotatorias en un eje.
Permitir movimientos de abducción, aducción, flexión y extensión de hombro.	Sistemas rotatorios. Sistemas de ajuste.	Ajuste de angulación en codo y hombro.
Permite un movimiento articulado fluido.	Tipo de articulación.	Uniones rotatorias.
Dispositivo resistente.	Material. Tipo de unión. Forma de las piezas. Uso de redondeos.	PLA. Todas las aristas redondeadas. Margen mínimo de rgujeros: 4mm.

Figura 105. Cuadro: Necesidades 1.

# Necesidades, requisitos y especificaciones de diseño

Producto Simple.	Pocos componentes. Mecanismos fáciles de accionar.	20 piezas (en total). 4 mecanismos de ajuste.
Producto fácil de usar.	Curva de aprendizaje. Mecanismos fáciles y rápidos de accionar .	8 pasos (20 minutos).
Tener pocas elementos.	Cantidad de piezas.	20 piezas (en total).
Larga vida útil.	Material. Ajuste de piezas. Forma de los componentes.	Vida útil de 3 años.
Presenta piezas intercambiables.	Uniones desmontables entre componentes.	Uniones tipo clip. Uniones roscadas.
Se ajusta fácilmente la angulación.	Cantidad de pasos para el ajuste. Curva de aprendizaje.	8 pasos (20 minutos).
Resiste el peso del brazo.	Material de los componentes. Material del cable. Espesores	PLA. Elástico semiflexible. Espesor no menor a 1,5 mm (espesor crítico).
Indica la angulación actual.	Indicador de angulación. Indicador de dimensión (piezas de ajuste).	Grados. Milímetros.
Baja carga cognitiva.	Curva de aprendizaje. Resalte de mecanismos de ajuste. Color. Forma de los componentes.	Colores saturados en indicadores. Colores neutro en el resto de la pieza. 8 pasos (20 minutos).
Permite posiciones neutras en hombro y codo.	Angulación.	0° de angulación en codo y hombro.
No tiene piezas expuestas.	Uso de protectores. Seguros para los mecanismos.	Protector en brazo. Protector en brazo. Uso de seguros.
Permite oscilación alrededor de un ángulo.	Material semiflexible (cables).	Material semielástico.
Permite una angulación fluida y asistida.	Mecanismo de regulación. Uniones entre elementos.	Ejes de rotación. Radio del mecanismo de ajuste: 2,8 mm (entre más grande más fácil de realizar el ajuste).
No produzca alergias ni sea tóxico.	Material Biocompatible.	PLA natural.
Que el tiempo de entrega sea corto.	Cantidad de Componentes. Tecnología de fabricación.	20 piezas (en total). Impresión 3D. Estereolitografía.
Fácil de ponérselo y quitárselo al niño.	Mecanismos de Unión. Separación Peto - Mecanismo.	Unión desmontable (clip, roscada, macho-hembra). Separación en zona de escápula (peto-mecanismo).

Figura 106. Cuadro: Necesidades 2.

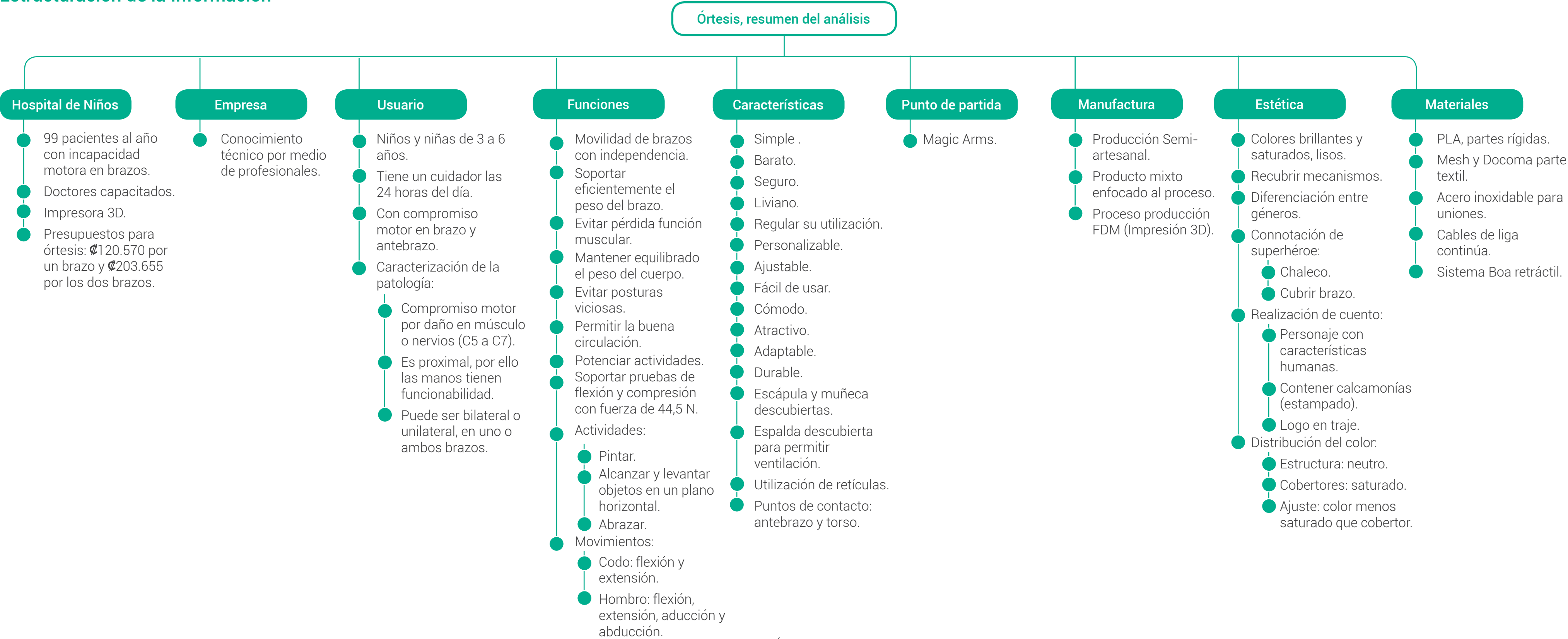
# **Síntesis fundamentos pertinentes**

Esta síntesis consiste en una recopilación de conclusiones a lo largo de la investigación, expuestas en un esquema llamado Estructuración de la Información expuesto a continuación.



# Síntesis de fundamentos pertinentes

## Estructuración de la Información



# Definición del concepto

Con la información recolectada y analizada se llega a un concepto con el cual se va a diseñar, el cual se especifica en breve, junto con la arquitectura general y base del producto.

# Concepto de diseño

## ¿Qué?

Órtesis activa dinámica que permite la movilidad del brazo y antebrazo.

## ¿Por qué?

Alternativa que busca permitir el movimiento del brazo y antebrazo del niño para potenciar su desarrollo, debido a la carencia de soluciones en el país.

## ¿Para quién?

Para niños entre 3 y 6 años que no presentan movilidad en brazo y antebrazo.

## ¿Cómo?

Sistema Flexible a los movimientos que realiza, las edades y patologías que atiende, y que simpatiza con el usuario. Además de ser Accesible por su costo y las tecnologías que utiliza, ya que se pueden producir en Costa Rica.

## Flexible

Que se adapta fácilmente a los cambios y a las diversas situaciones o circunstancias.

## Accesible

Que tiene un buen acceso, que puede ser alcanzado o al que se puede llegar.



Figura 108. Concepto de diseño.



# Arquitectura

A partir del concepto de diseño, el análisis biomecánicos del movimiento y del análisis de los diversos sistemas existentes, se determinó la arquitectura del producto, la cual implica 4 subsistemas principales:

## Subsistemas del Producto

- Subsistema de Chasis
- Subsistema de Angulación
- Subsistema de Articulación
- Subsistema de Ajuste

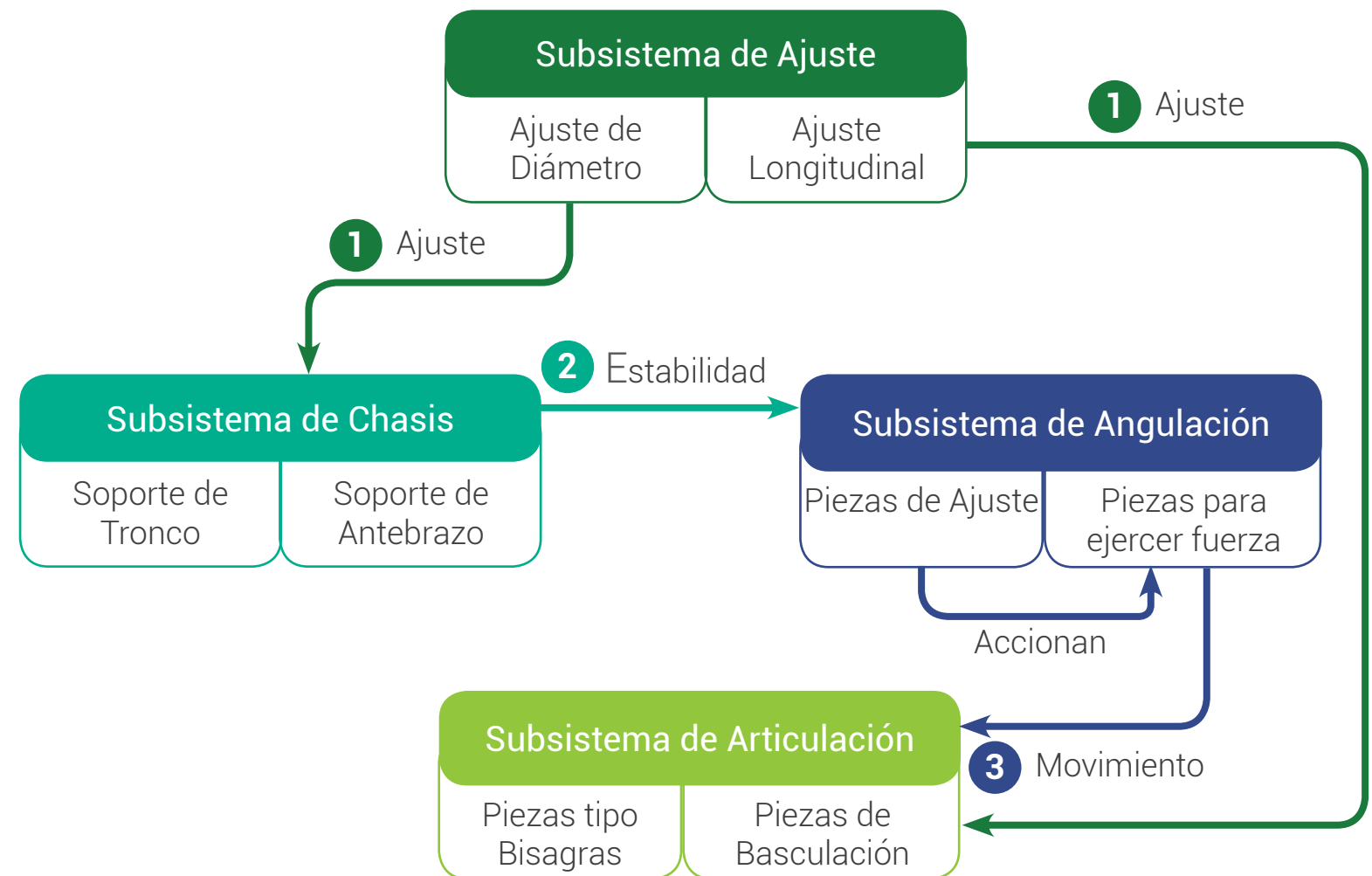
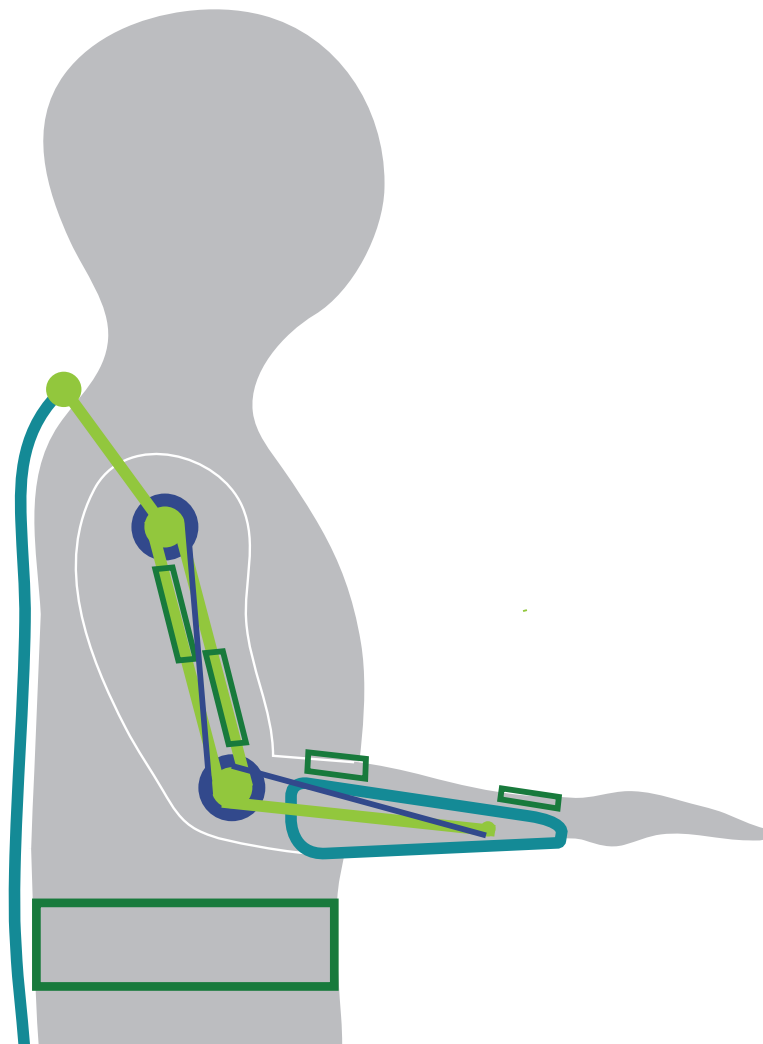


Figura 109. Arquitectura.

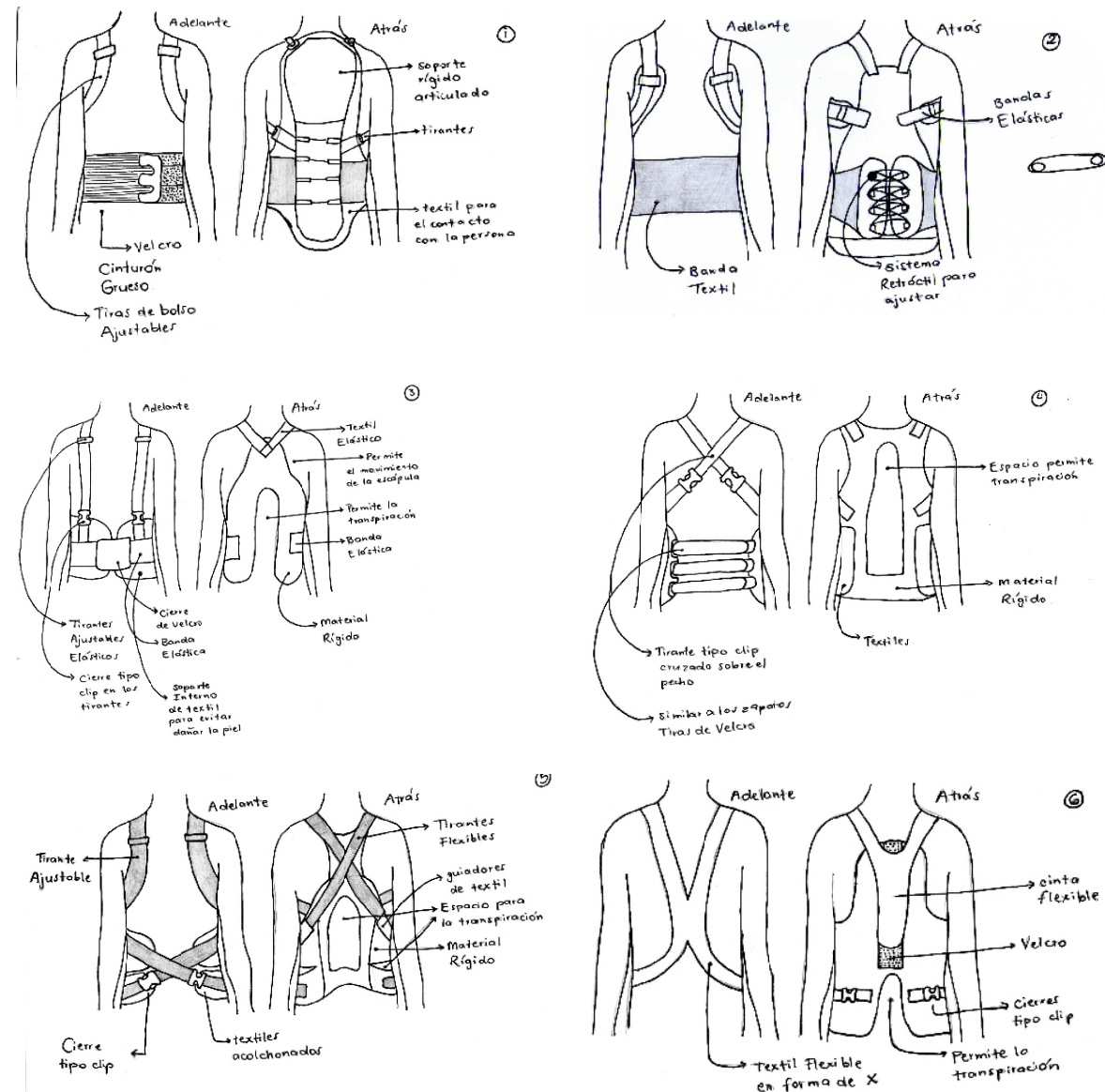
## Desarrollo de alternativas

Con base en el concepto de diseño, los objetivos del proyecto y la información, en especial basados en las necesidades, requisitos y especificaciones de diseño se desarrollan alternativas del diseño de la órtesis. Estas alternativas se realizan por subsistemas y en cuanto a estética para luego integrarlas.

# Línea de evolución

## Propuestas funcionales por subsistemas

### Subsistema chasis / tronco



### Subsistema chasis / antebrazo

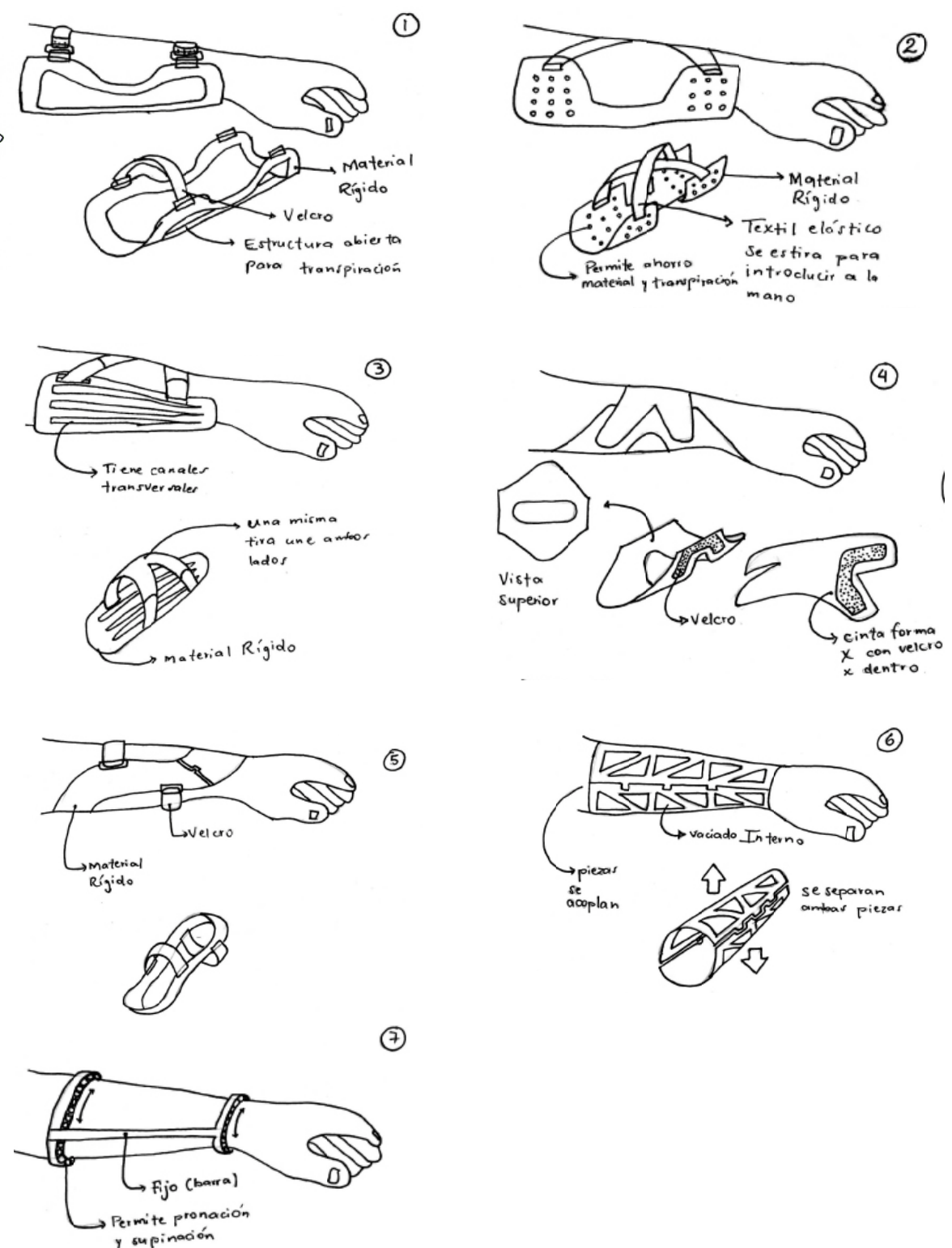


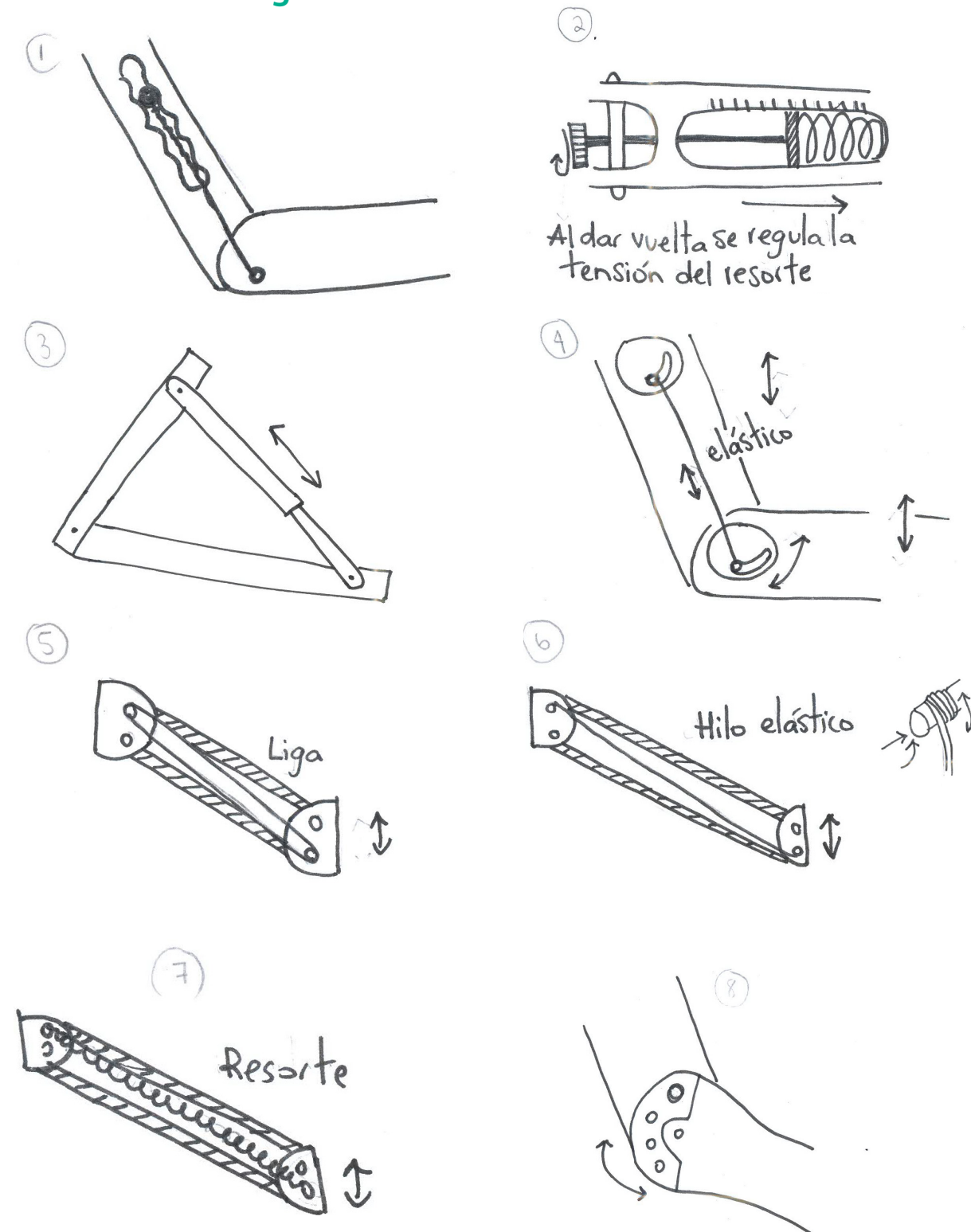
Figura 110. Evolución 1.



# Línea de evolución

## Propuestas funcionales por subsistemas

### Subsistema angulación



### Subsistema articulación

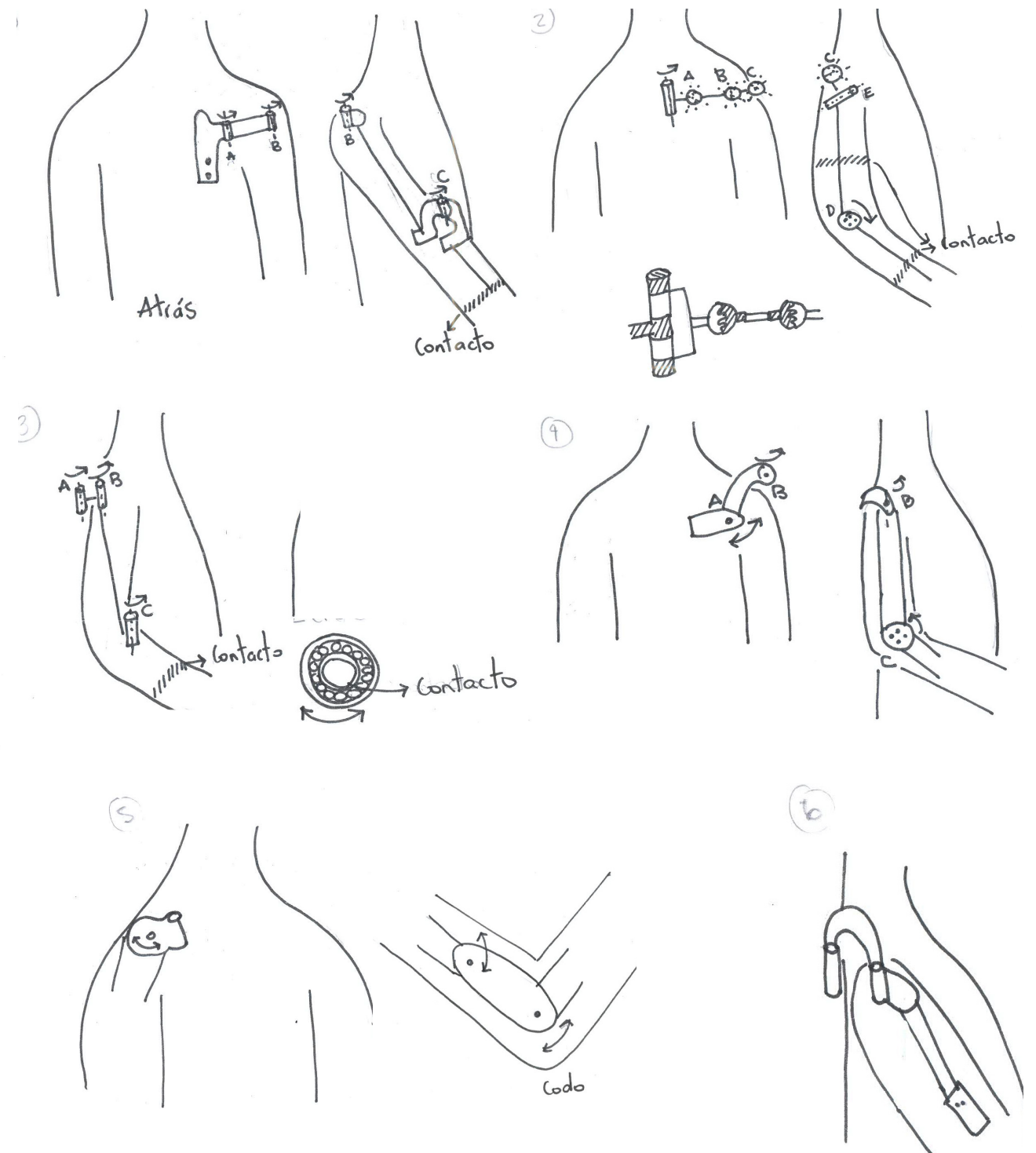


Figura 111. Evolución 2.

# Línea de evolución

## Propuestas estéticas

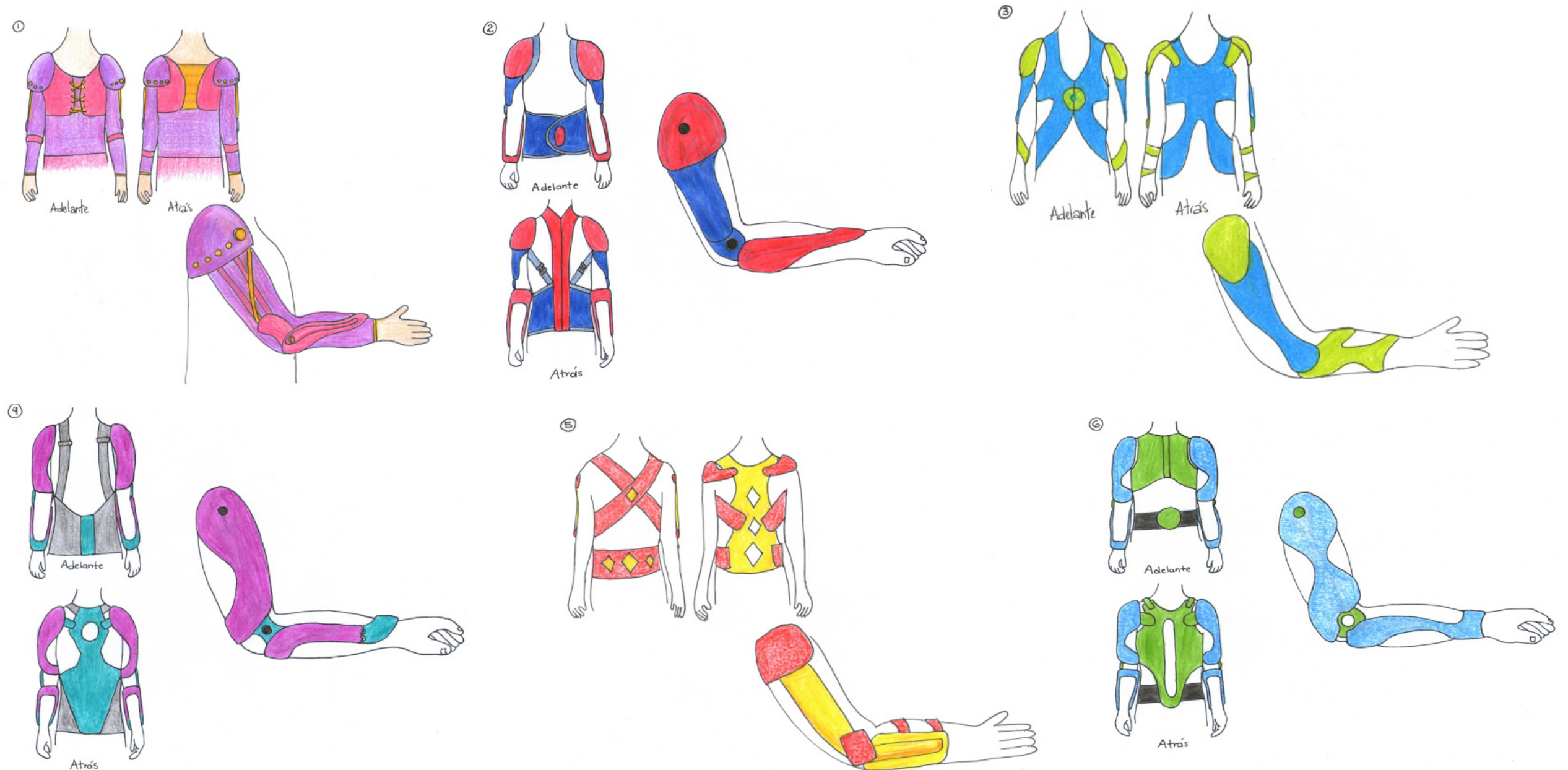


Figura 112. Evolución 3.

## Selección de la propuesta

De las propuestas planteadas a nivel de subsistemas, se evalúan con las siguientes matrices según las características que debe cumplir cada subsistema. De la propuesta que cumple de mejor forma con los requerimientos, se realiza una propuesta completa para luego pasar a la etapa de modelado.

# Matriz de selección

## Propuestas funcionales

A partir del uso de una escala cualitativa se evaluará la importancia de cada requisito en la concepción y desarrollo del producto, y por medio de una escala numérica se evaluará cuánto cumple cada propuesta con dicho requisito.

Se seleccionará de 1 a 2 propuestas por subsistema para realizar propuestas integrales, que implican el uso del sistema de chasis, articulación, ajuste y angulación.

Escala Numérica

Valoración de Propuesta

1. Muy Malo  
3. Malo  
5. Regular  
7. Bueno  
9. Muy bueno  
10. Excelente

Escala Cualitativa

Valoración de Requisitos

1. Deseable  
2. Necesario  
3. Imprescindible

### Subsistema de chasis (torso)

Subsistema de chasis / torso	Escala Cualitativa	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
Dar estabilidad (adelante-atrás).	3	5	9	7	9	9	5
Dar estabilidad (a los lados).	2	7	9	9	9	9	5
Tener soporte lumbar.	2	10	10	10	10	7	7
Tener soporte torácico (al menos 3 puntos de contacto).	2	9	7	9	9	9	7
Ser ajustable a cada usuario.	3	10	7	7	5	9	7
Ser rígido y blando.	1	10	10	10	10	10	10
Ser cómodo.	3	7	7	5	5	5	5
Ser fresco (no provocar calor).	1	7	7	9	10	7	5
Permitir la transpiración.	1	3	3	9	10	7	5
Estéticamente agradable.	2	9	7	7	7	5	5
Liviano.	3	5	7	9	7	10	7
TOTAL		171	176	182	178	183	140

Figura 113. Cuadro: Matriz 1.



# Matriz de selección

## Propuestas funcionales

### Subsistema de chasis (antebrazo)

Subsistema de chasis / antebrazo	Escala Cualitativa	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7
Mantenerse ajustado durante el uso.	3	7	9	7	5	10	10	5
Ser ajustable a cada usuario.	3	7	7	9	7	5	3	3
Ser cómodo.	3	7	7	5	7	10	7	7
Ser fresco (no provocar calor).	1	10	9	9	9	9	7	9
Permitir la transpiración.	1	10	9	9	9	9	7	9
Estéticamente agradable.	2	7	9	7	9	10	7	5
Liviano.	3	9	7	9	7	9	7	5
Permite movimientos de pronación y supinación.	1	1	1	1	1	1	1	10
TOTAL		125	127	123	115	141	110	98

Figura 114. Cuadro: Matriz 2.

### Subsistema de articulación

Subsistema de articulación	Escala Cualitativa	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
Permite una articulación fluida.	1	10	10	10	10	10	10
Resistente.	3	9	7	9	9	9	7
Permiten movimiento flexión - extensión.	3	10	10	10	10	10	10
Permite movimiento abducción - aducción.	3	10	10	10	10	7	10
Simpleza.	2	5	5	3	5	7	7
Presenta 3 puntos articulados: escápula, hombro, codo.	3	10	5	10	10	7	10
Poco invasiva.	1	3	5	1	7	5	5
TOTAL		140	121	134	144	128	140

Figura 115. Cuadro: Matriz 3.

# Matriz de selección

## Propuestas funcionales

### Subsistema de ajuste - diámetro

1. Tiras elásticas de Velcro / 2. Cierres tipo clip y cinta dura ajustable  
3. Velcro (sistema zapatos) / 4. Sistema Retráctil / 5. Ligas / 6. Uniones entre piezas plásticas

Subsistema de ajuste - diámetro	Escala Cualitativa	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
Permite ajuste de diámetro.	3	10	10	10	10	10	5
Fácil de ajustar.	3	10	9	10	9	7	9
Tiene pocas piezas.	1	10	7	9	7	5	10
Larga vida útil.	1	5	10	5	10	7	5
Se mantiene ajustado durante el tiempo de uso.	3	7	10	7	10	5	9
Piezas intercambiables.	1	7	10	7	7	7	7
Cómodo.	3	9	7	9	9	7	5
TOTAL		130	135	129	138	106	106

Figura 116. Cuadro: Matriz 4.

### Subsistema de ajuste - longitud

1. Tipo Clip / 2. Tipo Riel / 3. Tipo Sombrilla / 4. Tipo Riel Interno

Subsistema de Ajuste - Longitud	Escala Cualitativa	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Permite ajuste longitudinal.	2	10	10	10	10
Fácil de ajustar.	3	7	9	7	9
Tiene pocas piezas.	1	9	9	7	7
Larga vida útil.	1	10	9	7	10
Se mantiene ajustado durante el tiempo de uso.	3	10	9	9	10
Piezas intercambiables.	1	9	9	5	7
TOTAL		99	101	87	101

Figura 117. Cuadro: Matriz 5.

# Matriz de selección

## Propuestas funcionales

### Subsistema de angulación

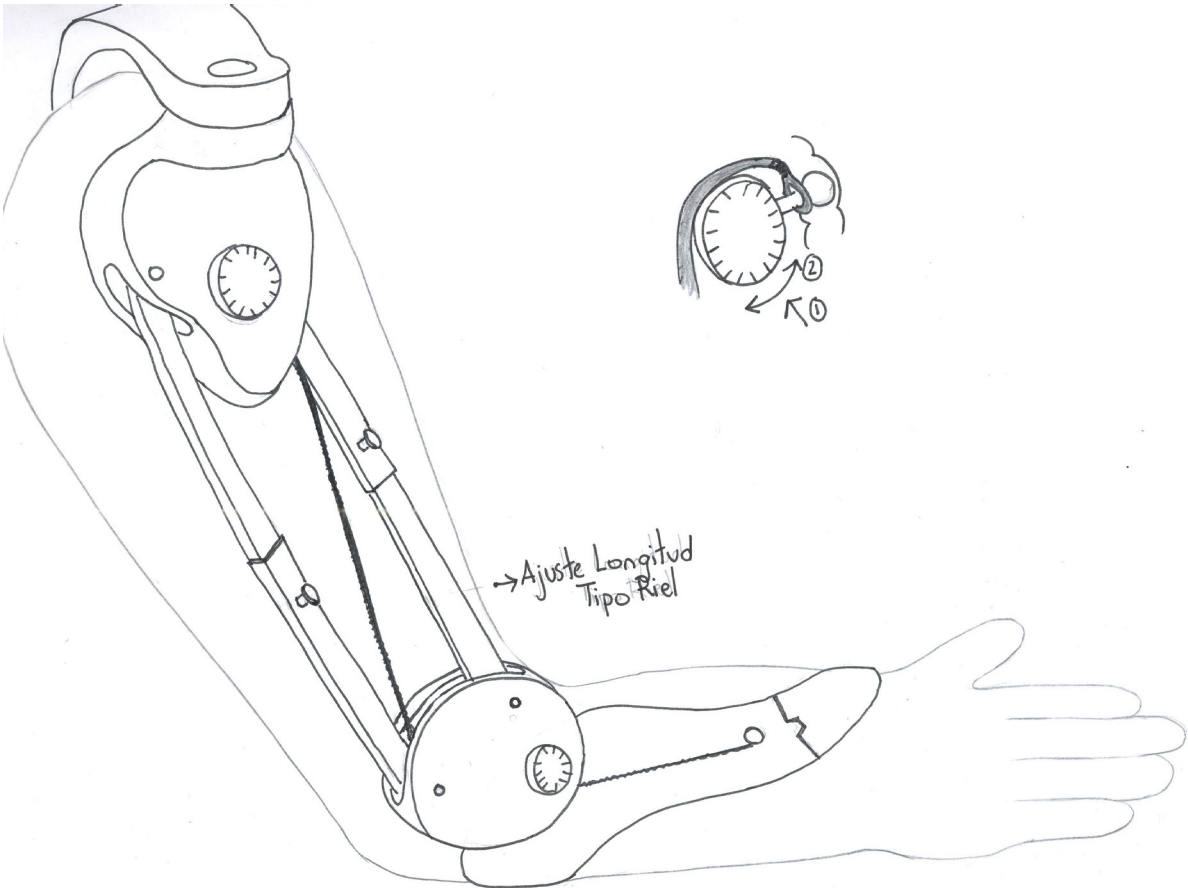
Subsistema de chasis / antebrazo	Escala Cualitativa	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
Fácil de modificar la angulación.	3	5	7	5	9	7	7	5	7
Resiste el peso del brazo.	3	9	9	9	9	9	9	10	10
Pocas piezas.	1	9	5	7	7	7	7	9	9
Indica la angulación actual.	1	3	7	1	7	1	1	1	10
No genera un esfuerzo extra para accionarlo.	2	5	7	5	7	5	7	5	5
Baja carga cognitiva.	3	7	5	7	9	5	7	7	9
Permite angulaciones determinadas.	3	7	9	3	9	5	9	5	10
Permite posiciones neutro en hombro y codo.	3	9	9	1	9	9	9	9	9
No tiene piezas expuestas.	2	7	7	3	7	7	7	7	9
Permite oscilación alrededor de un ángulo.	2	9	5	5	9	9	9	9	1
Permite angulación fluida.	1	7	9	5	7	7	7	5	5
TOTAL		172	176	114	202	162	184	165	189

Figura 118. Cuadro: Matriz 6.

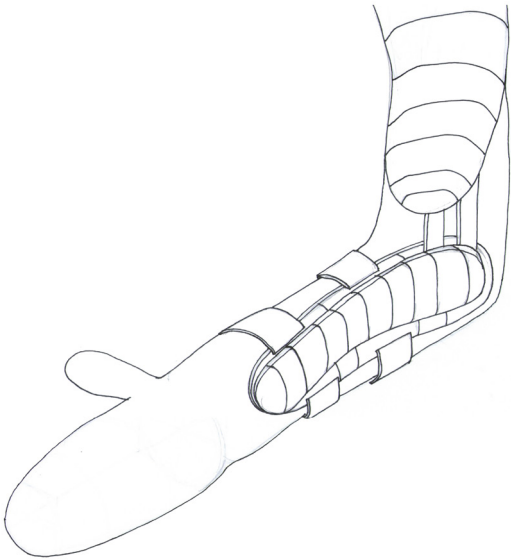
# Esquema de propuestas completas

## Propuestas completas

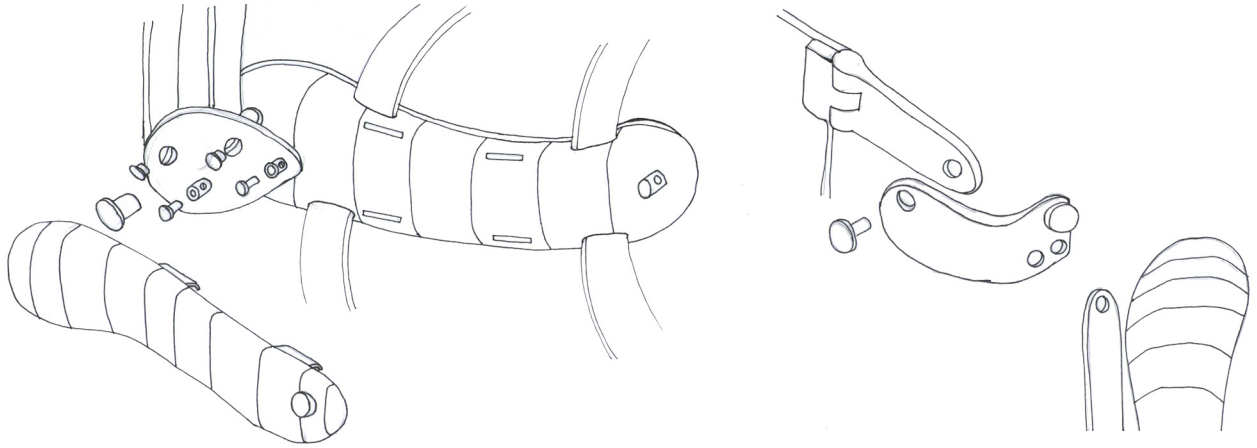
A partir de los resultados de las matrices se realizaron las propuestas completas del sistema.



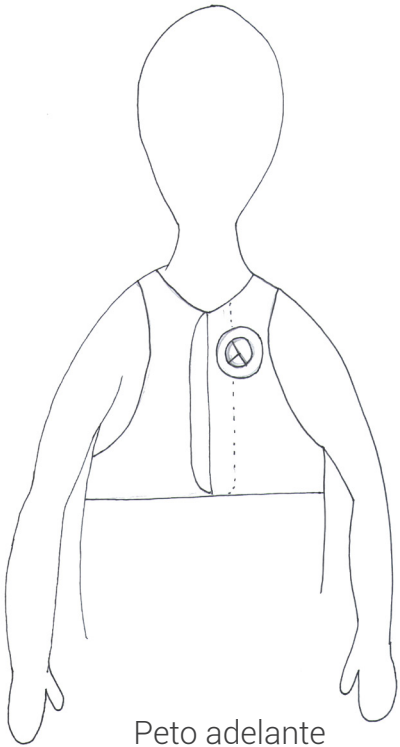
Esquema general



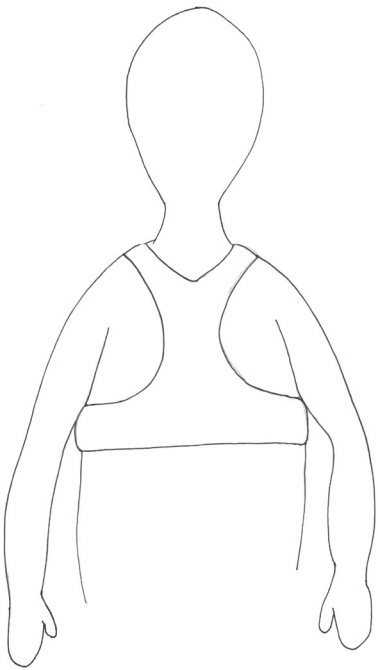
Posible estética



Unión entre partes



Peto adelante



Peto atrás

Se decide trabajar en la estética para que el producto pierda la connotación de un objeto ortopédico, a continuación algunos detalles del producto.



# Diseño emocional

## Desarrollo de los personajes

Según la información analizada se determina que un cuento es una buena herramienta para la aceptación de la órtesis tanto para los pacientes como a los que lo rodean. Para dicho cuento se requiere de un personaje, este no debe ser humano pero si tener características humanas. A continuación algunos de los personajes realizados. Se toma en cuenta que para los niños, el personaje principal deberá ser un hombre, y para las niñas una mujer, sin embargo solo se mostrará el caso de la niña.

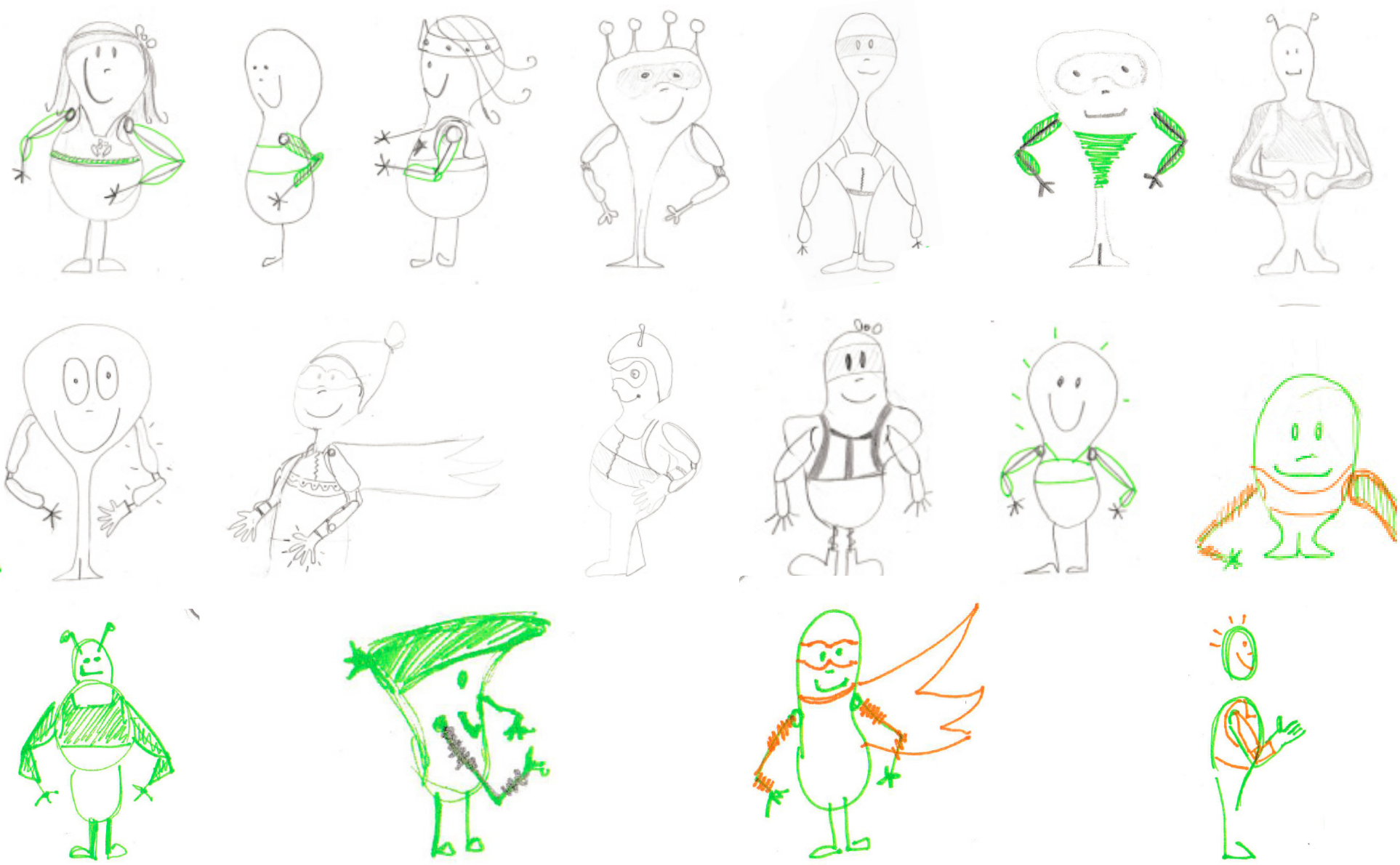
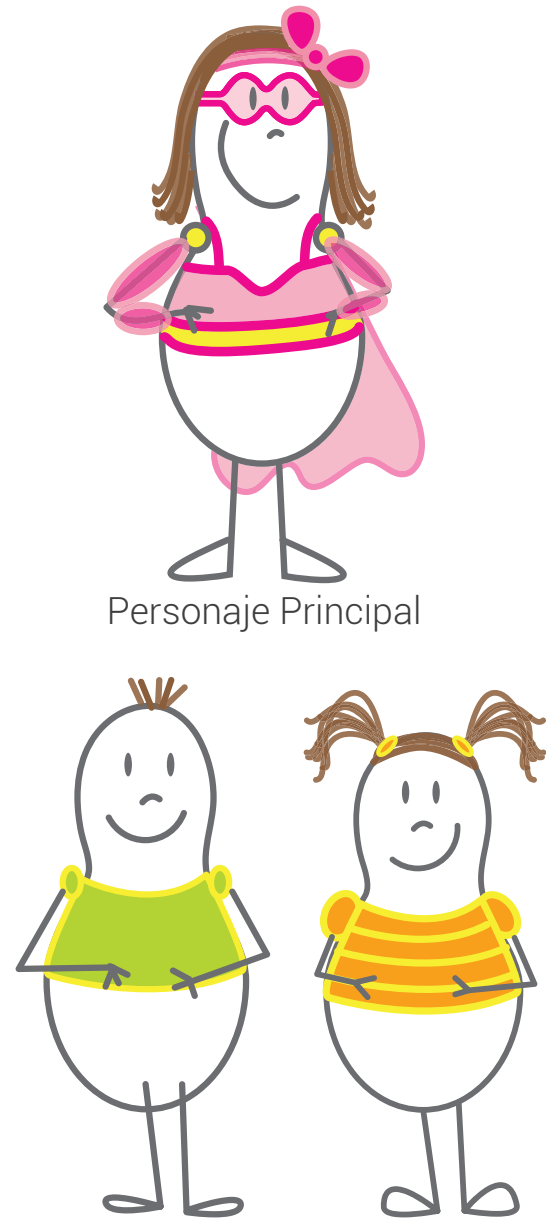


Figura 120. Bocetos personajes.

## Personajes



Personaje Principal

Personajes Secundarios

Figura 121. Personajes.

# Diseño emocional

## Desarrollo del cuento

Se desarrolló un cuento corto de un superhéroe para modelar la conducta y aceptación del uso del dispositivo en los niños, además para explicar a otros niños el uso del dispositivo en el niño. Este tiene la función de explicar al niño y cuidador como se debe colocar la órtesis. Es importante reiterar que solo un caso que sirve de ejemplo, porque el cuento deberá diferir entre géneros. Este cuento fue validado por una psicopedagoga.

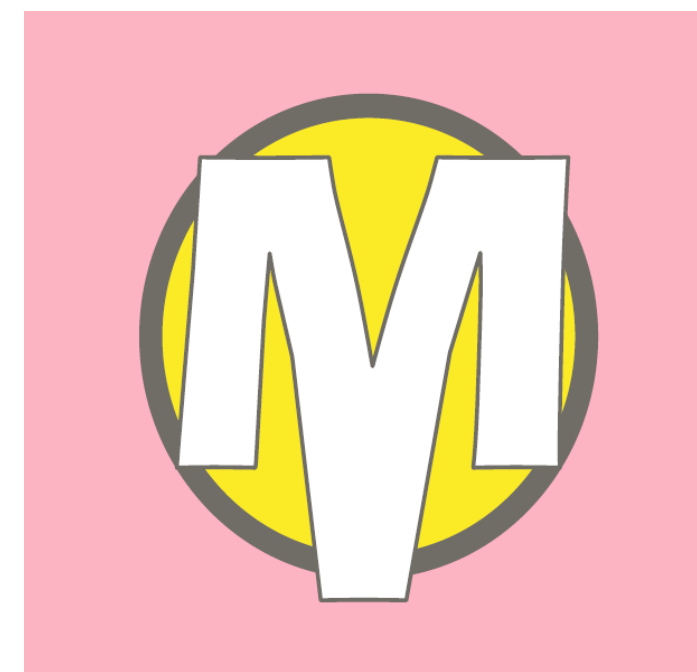
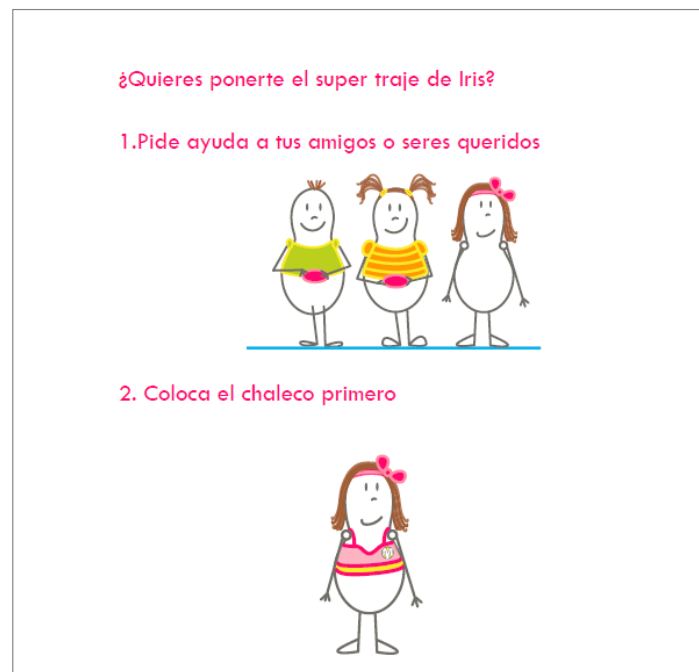


Figura 122. Desarrollo cuento.

# Modelos previos de validación

Con el fin de demostrar el correcto funcionamiento el sistema, se realizaron diferentes pruebas con modelos que simulan los sistemas, para así tomar decisiones desde del punto de vista funcional y estético del producto. Por lo cual se muestran los modelos de forma cronológica y las conclusiones que se tomaron de cada modelo.

# Modelos de prueba

## Parte 1

Funcionamiento modelado en cartón.

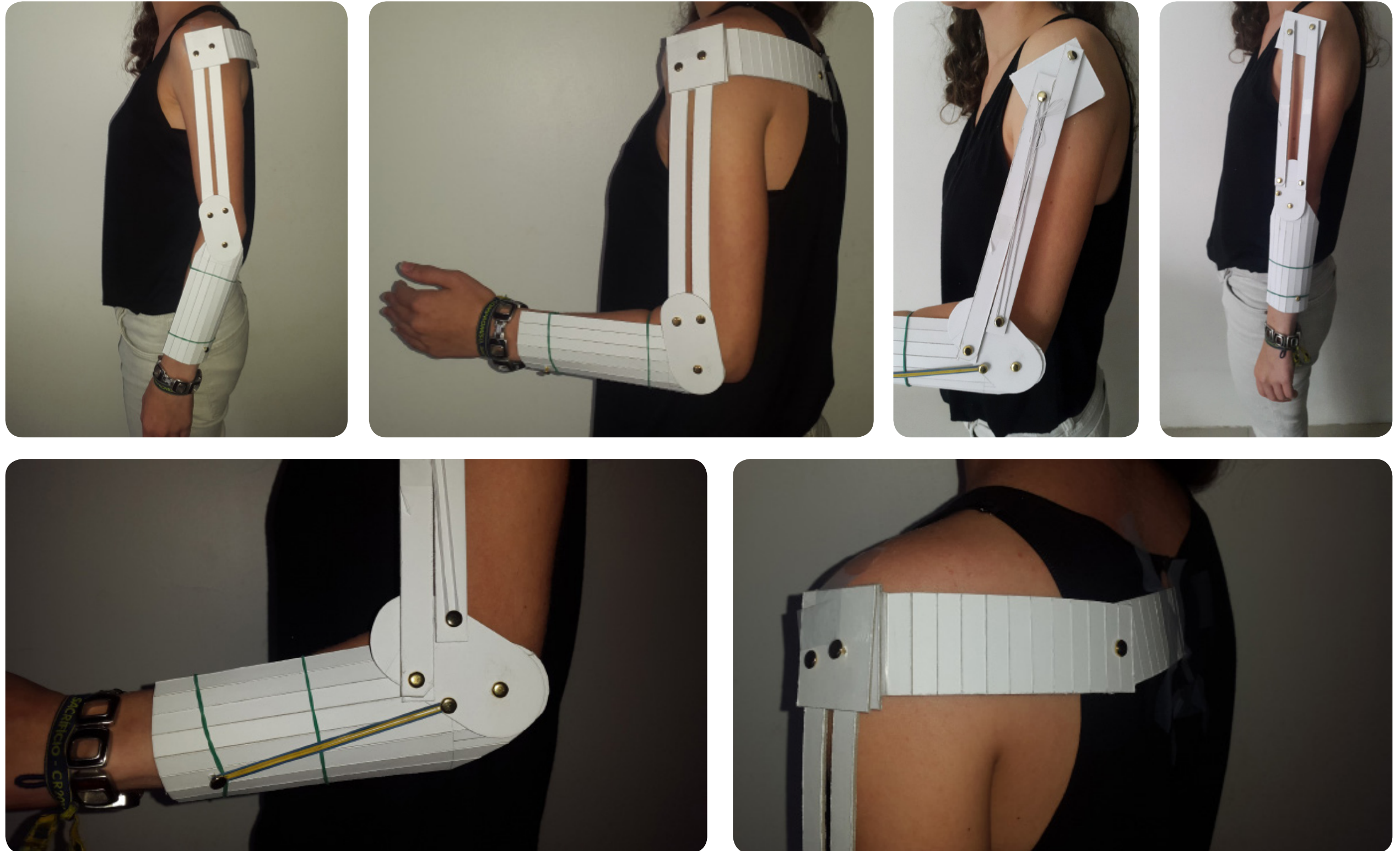
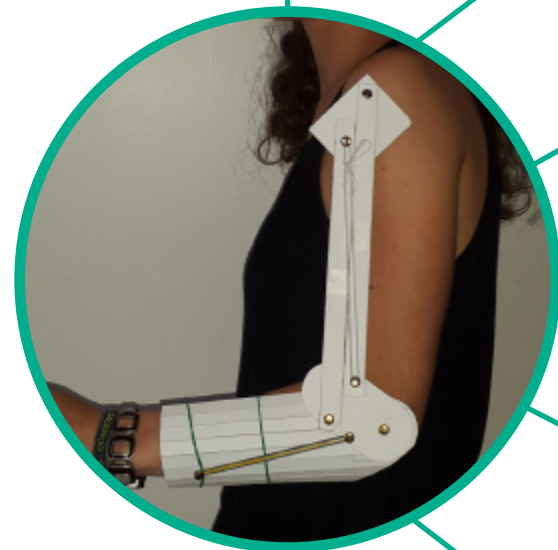


Figura 123. Modelo parte 1.



# Modelos de prueba

## Parte 1- Conclusiones



### Análisis

El orden de colocación de las piezas debe ser el mismo siempre.

La pieza que soporta el antebrazo, es de forma rectangular curva, por lo que cubre todo el brazo y el codo.

El eje de sostén de las ligas en antebrazo, debe estar colocado en la parte inferior, cercano a la muñeca.

Los puntos de pivote de los ejes basculantes, deben permitir que las piezas se mantengan paralelas en la trayectoria.

Los ejes de rotación deben ubicarse exactamente por encima de las articulaciones.

El mecanismo de fijación de la pieza del antebrazo, debe ser robusto y antideslizante, sosteniendo en dos puntos (cercano al codo y distal de la muñeca).

El largo de las piezas de espalda y el tipo de unión entre estas, provoca que al realizar movimiento lateral, el dispositivo se desplace.

### Conclusiones

Si se altera el orden de colocación, el movimiento se interfiere por el choque entre piezas.

Esto permite ejercer la fuerza necesaria para levantar el antebrazo, y da comodidad al usuario debido a la forma.

Esto permite generar mayor torque al realizar la compresión del cable tensor.

Esto ayuda a tener un movimiento fluido, y a que las piezas no bloqueen el movimiento entre sí.

Así, el movimiento y las piezas que componen el sistema, se mueven en el orden y posiciones correctas.

Así la pieza de antebrazo se mantiene en la posición correcta, alineada con la articulación del codo y no interfiere con la movilidad.

Si la sección superior del dispositivo se desplaza hacia atrás, la movilidad se ve interrumpida.

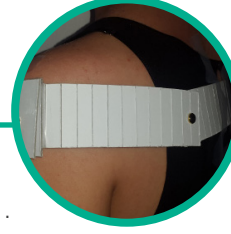
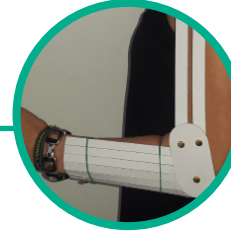
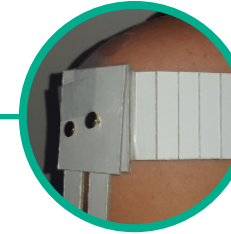
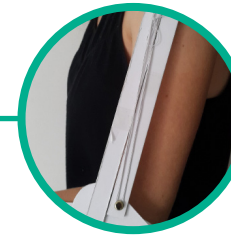
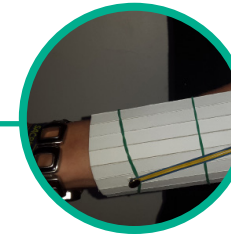
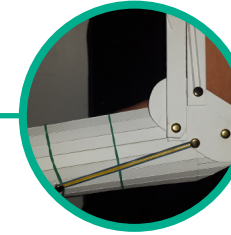
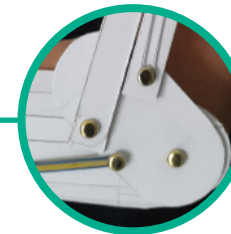


Figura 124. Conclusiones modelo parte 1.

# Modelos de prueba

## Parte 2

Funcionamiento modelado en cartón, corrección de forma.



Figura 125. Modelo parte 2.



# Modelos de prueba

## Parte 2 - Conclusiones

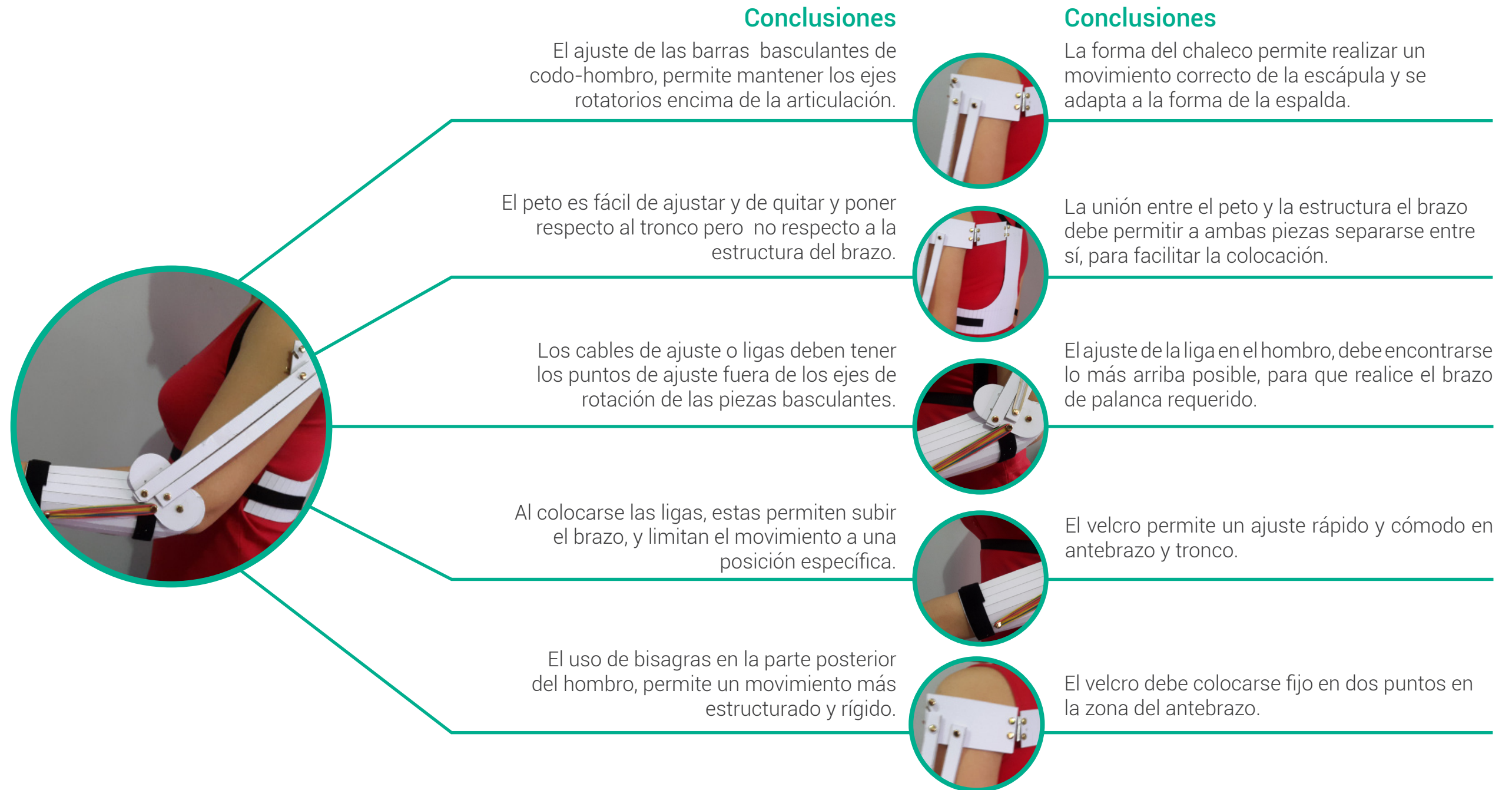


Figura 126. Conclusiones modelo parte 2.

# Modelos de prueba

## Parte 3

Funcionamiento modelado en cartón, formas e implementación de cobertores.

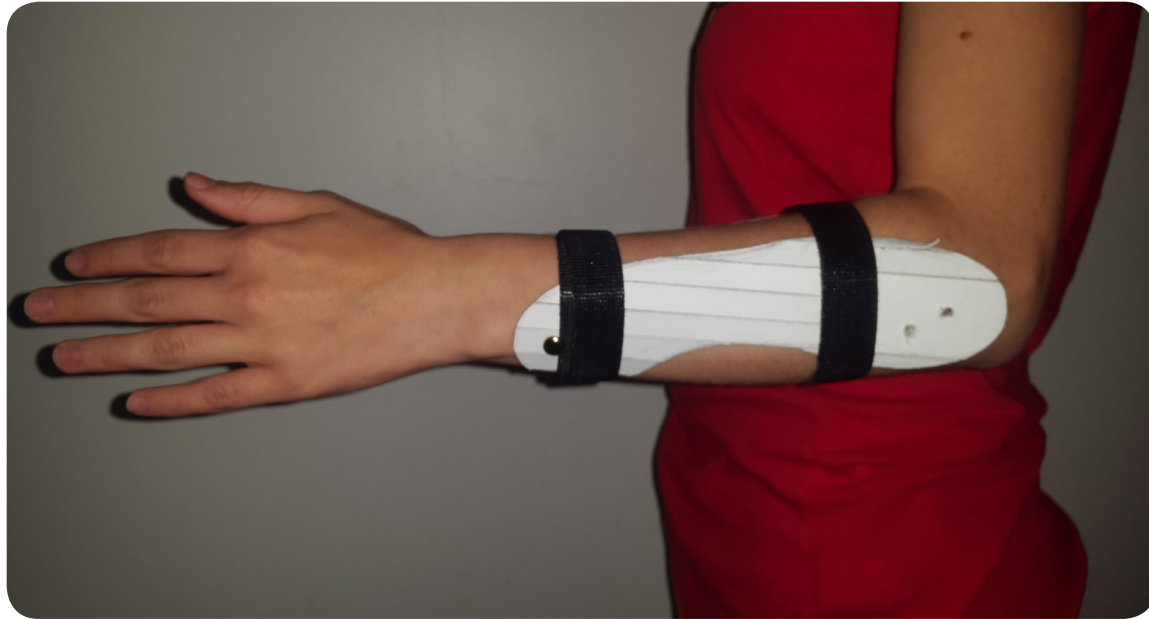


Figura 127. Modelo parte 3a.



# Modelos de prueba

## Parte 3



Figura 128. Modelo parte 3b.

# Modelos de prueba

## Conclusiones - Parte 3

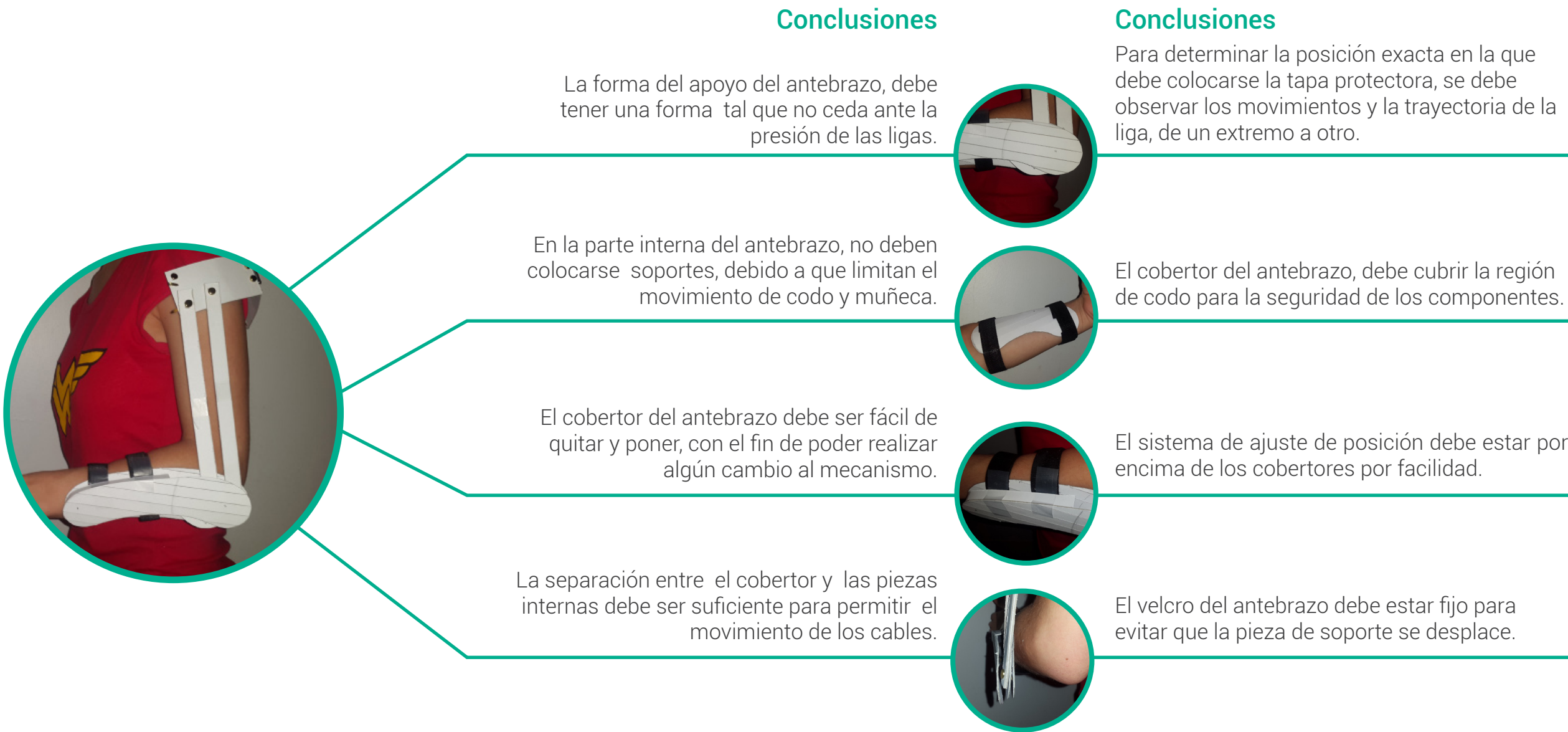


Figura 129. Conclusiones modelo parte 3.



# Modelos de prueba

## Parte 4

Ajustes de mecanismos y prueba de cobertores.



Figura 130. Modelo parte 4a.



# Modelos de prueba

## Parte 4



Figura 131. Modelo parte 4b.



# Modelos de prueba

## Parte 4 - Conclusiones



Figura 132. Conclusiones modelo parte 4.



# Modelos de prueba

## Parte 5

Prueba de dimensiones en niño de 5 años (intermedio del rango de percentiles) y niña de 6 años (extremo superior del rango de percentiles).

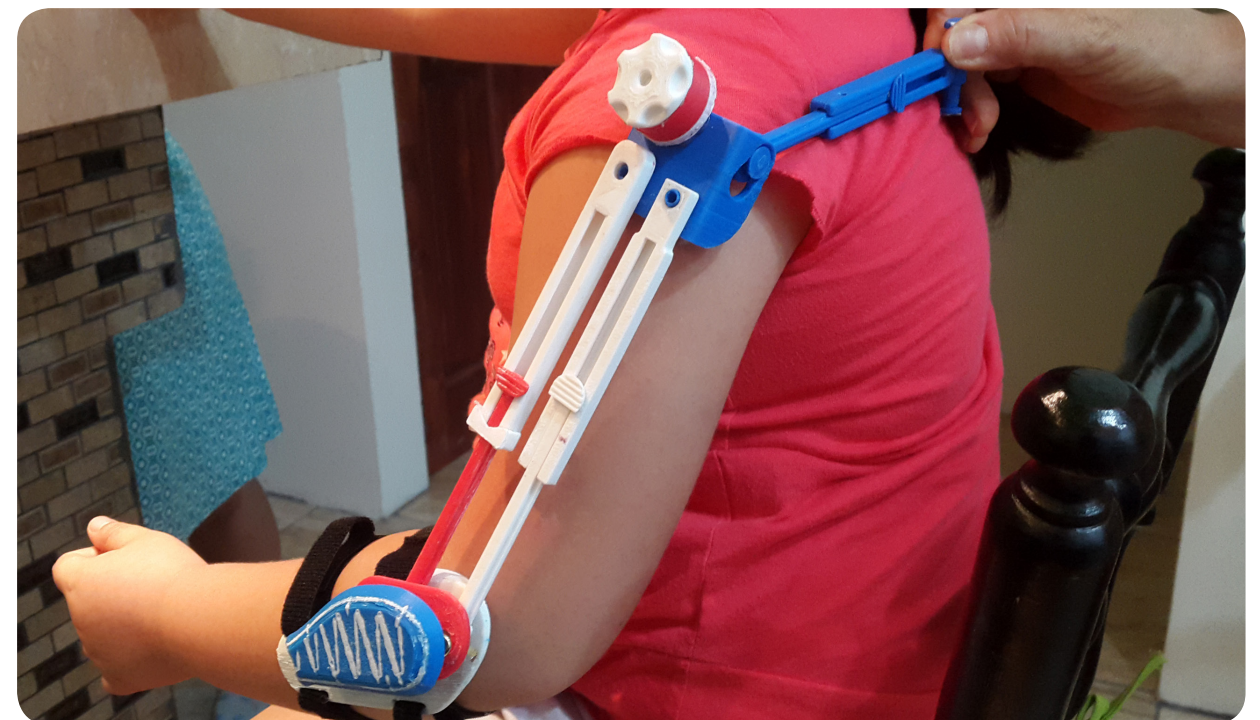
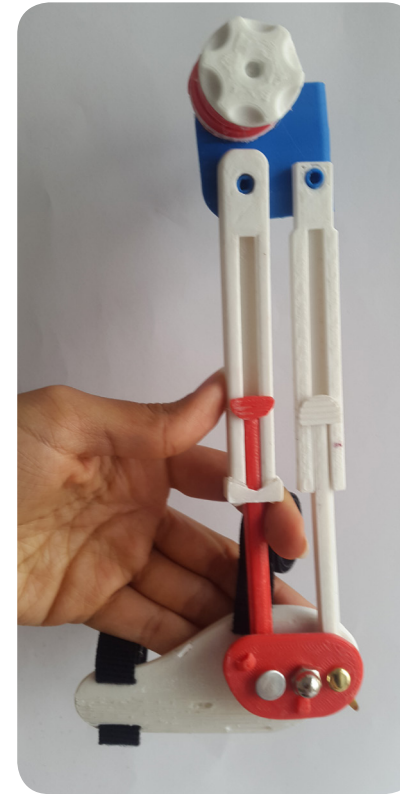


Figura 133. Modelo parte 5.



# Modelos de prueba

## Parte 5 - Conclusiones



Figura 134. Conclusiones modelo parte 5a.



# Modelos de prueba

## Parte 5 - Conclusiones



Figura 135. Conclusiones modelo parte 5b.



# Modelos de prueba

## Parte 6

Prueba de dimensiones con niña con compromiso motor en extremidades.

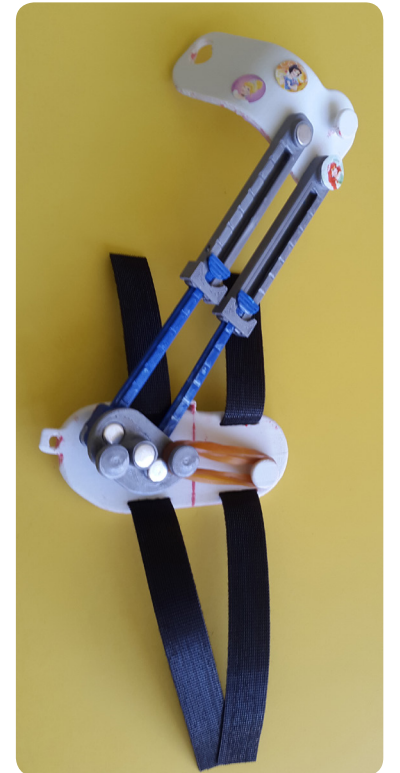


Figura 136. Modelo parte 6.



# Modelos de prueba

## Parte 6 - Conclusiones





# Modelos de prueba

## Parte 6 - Conclusiones



Figura 138. Conclusiones modelo parte 6b.  
Proyecto de Graduación - Vanessa Aguillar Castillo - Eugenia Fernández Garza



# Modelos de prueba

## Parte 7

Prueba de dimensiones con niño de 3 años (extremo inferior del rango de percentiles)



Figura 139. Modelo parte 7a.



# Modelos de prueba

## Parte 7



Figura 140. Modelo parte 7b.



# Modelos de prueba

## Parte 7 - Conclusiones



Figura 141. Conclusiones modelo parte 7.

# Modelos de prueba

## Elemento elástico, fuerza para soportar peso

Con el fin de dar a conocer si las ligas o los elementos elásticos cumple con la función deseada se realizaron una serie de pruebas para demostrar cuantas ligas se requiere para soportar el peso del brazo, el peso puesto a prueba fue de 2.4 lb, la cual supera al máximo del peso de un brazo para niños entre 3 y 6 años, de tal manera que si soporta un peso mayor sin reventarse, podrá ser utilizado por pesos menores. Para este estudio se tomó en cuenta la distancia entre los puntos donde se fija del elemento elástico.

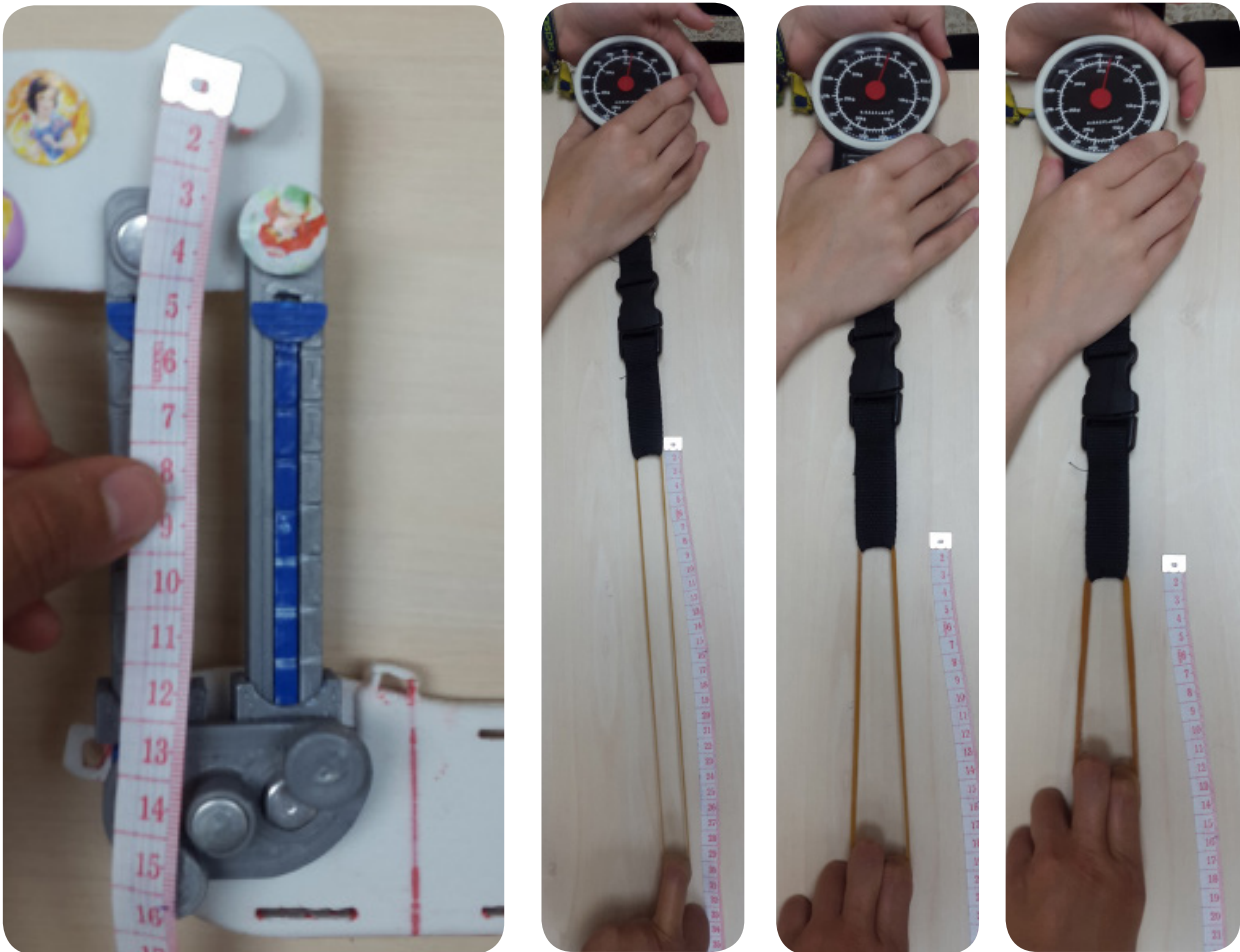
En el antebrazo la distancia entre los puntos de fijación del elemento elástico es de 6 cm por lo que se buscaba la cantidad de ligas que a 2.4 lb lograrán tener una distancia mejor de 6 cm. Para ello se utilizó ligas dobles.

En el brazo la distancia entre los puntos de fijación del elemento elástico es de 6 cm por lo que se buscaba la cantidad de ligas que a 2.4 lb lograrán tener una distancia mejor de 14 cm. Para ello se utilizó ligas sencillas.



1 liga doble 2 ligas dobles 3 ligas dobles

Figura 142. Prueba ligas 1.



1 liga 2 ligas 3 ligas

Figura 143. Prueba ligas 2.



# Modelos de prueba

## Elemento elástico, subsistema de angulación

Con el fin de comprobar el funcionamiento del subsistema de angulación, se realiza una prueba con lijas nuevamente, sin embargo en este caso se utiliza un mismo cable elástico, el cual al ser enrollado y soportando el mismo peso, se da un cambio en la longitud de la liga permitiendo las diferentes angulaciones, en las imágenes a continuación se puede ver el cambio, aunque se mantenía la misma cantidad de lijas y es sometida a la misma cantidad de peso.

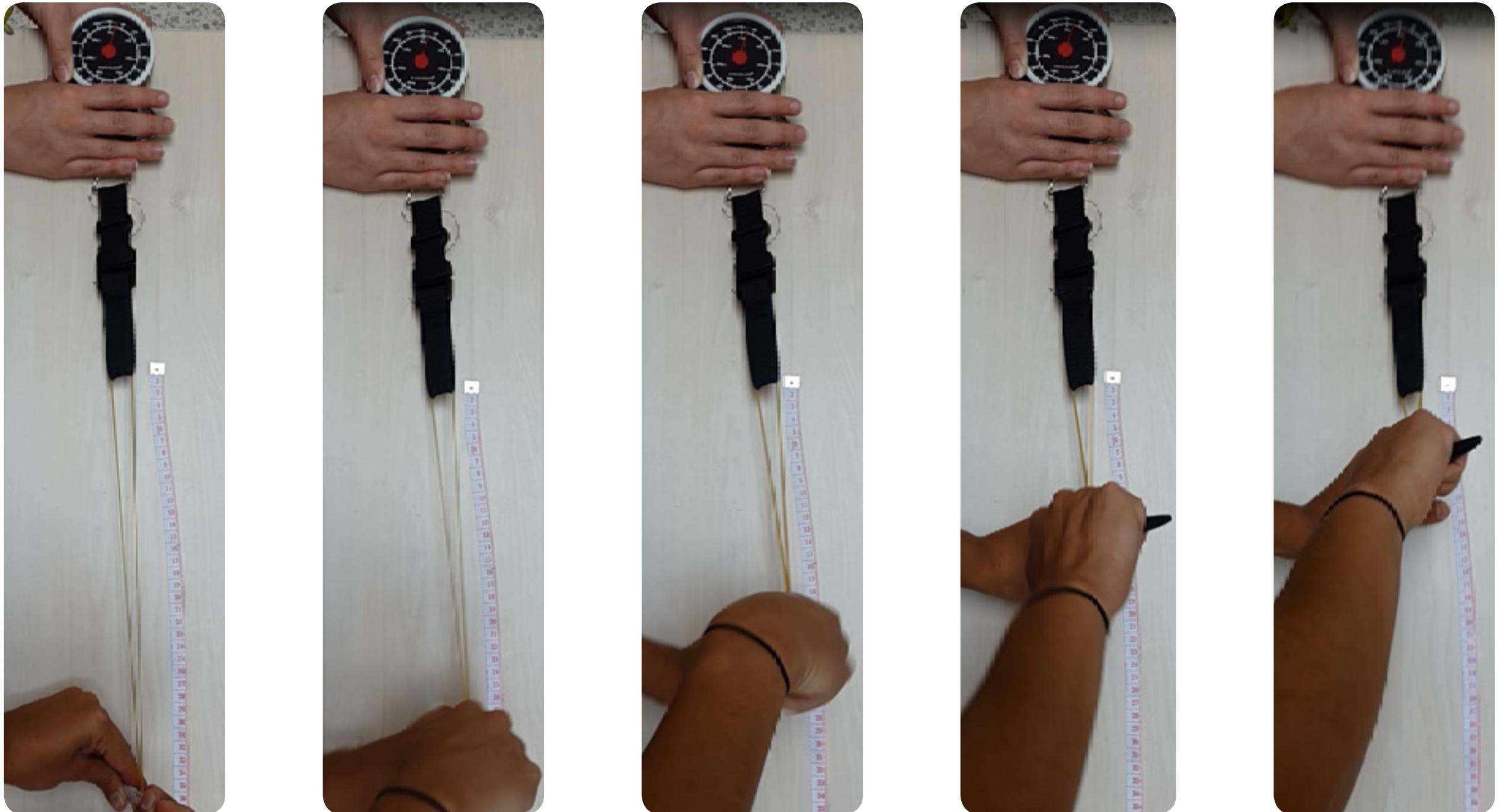


Figura 144. Prueba ligas 3.



## Propuesta final

Con el concepto, las necesidades, la información analizada y las pruebas que se realizaron se llegó a la propuesta final, la cual se detalla en los siguientes apartados.

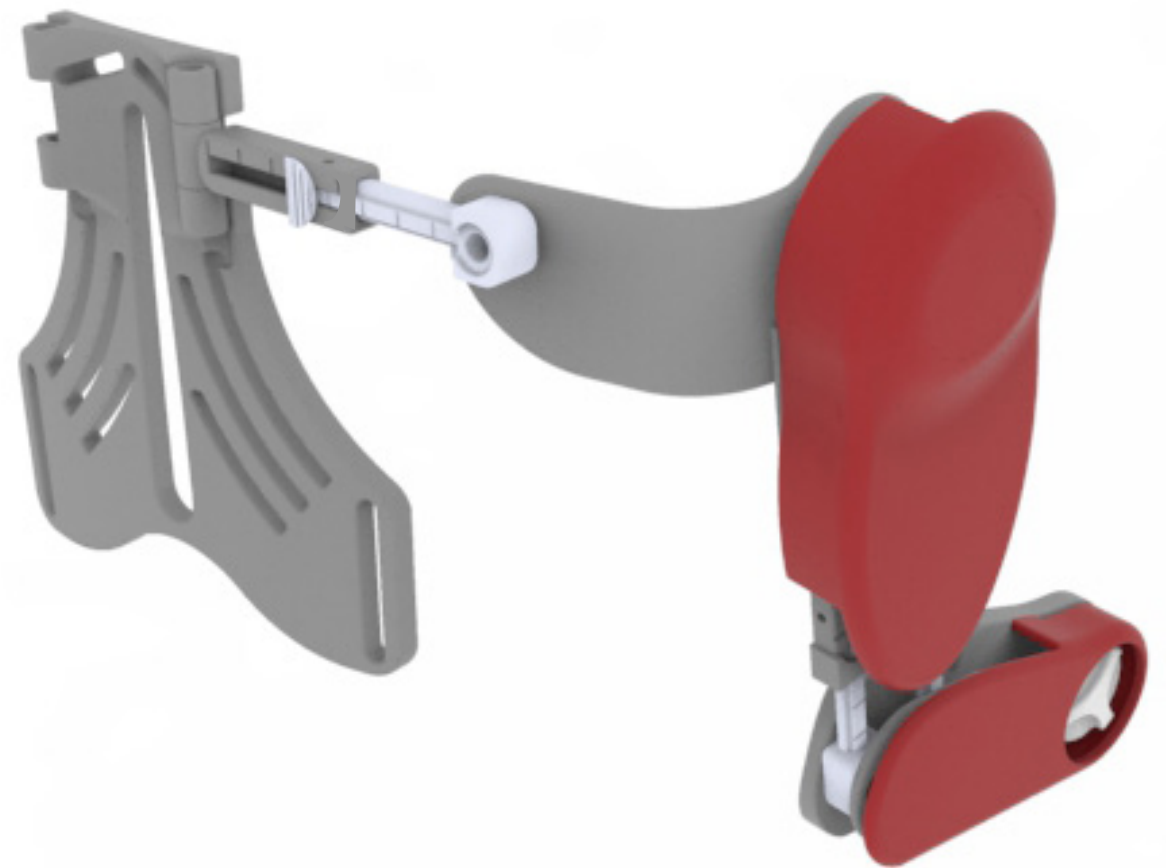


Figura 145. MOSI atrás.

# Propuesta final

## Integrada

MOSI: Órtesis para niños de 3 a 6 años sin movilidad en brazo y antebrazo, vistas generales.

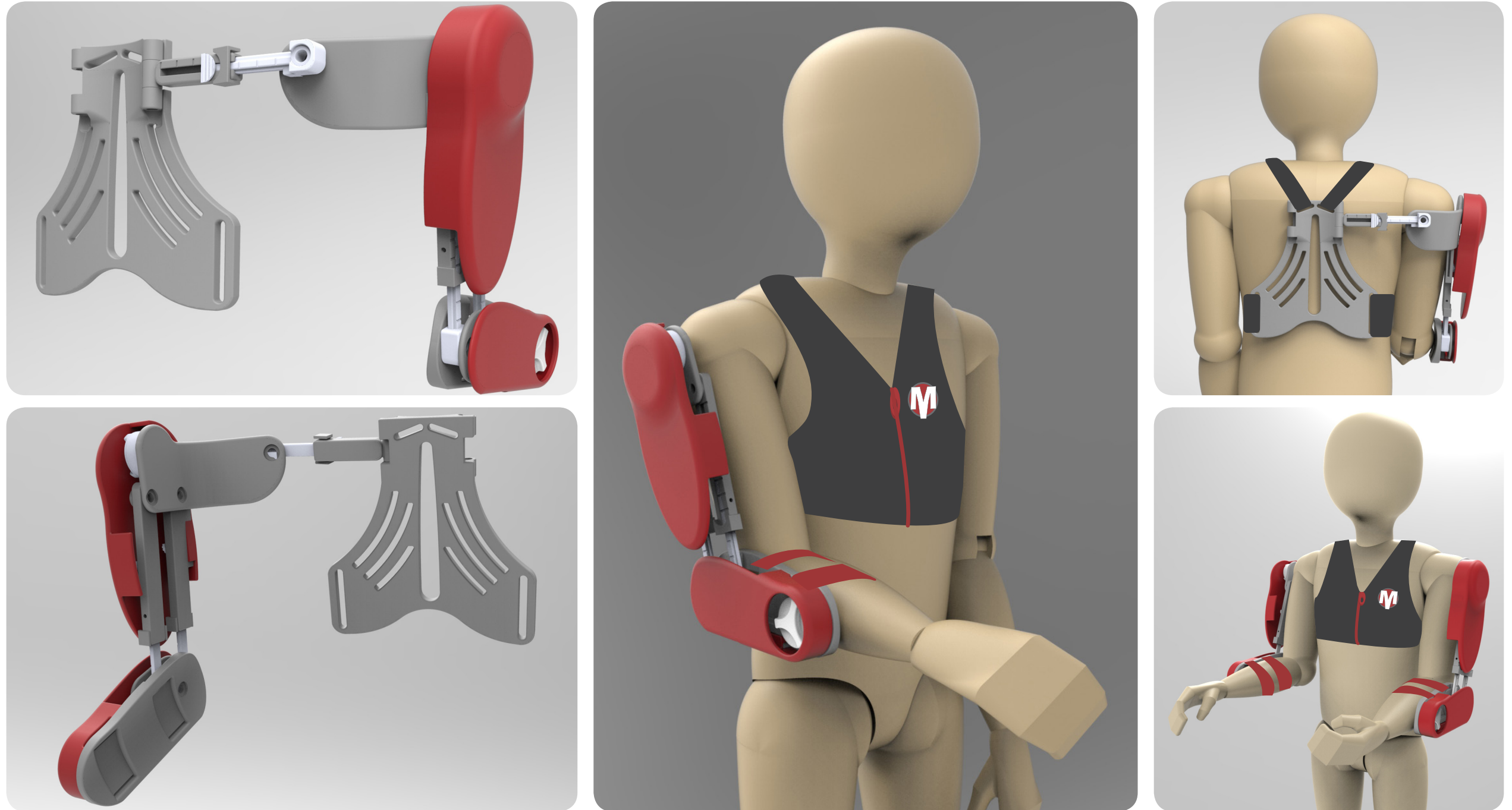


Figura 146. MOSI vistas varias.

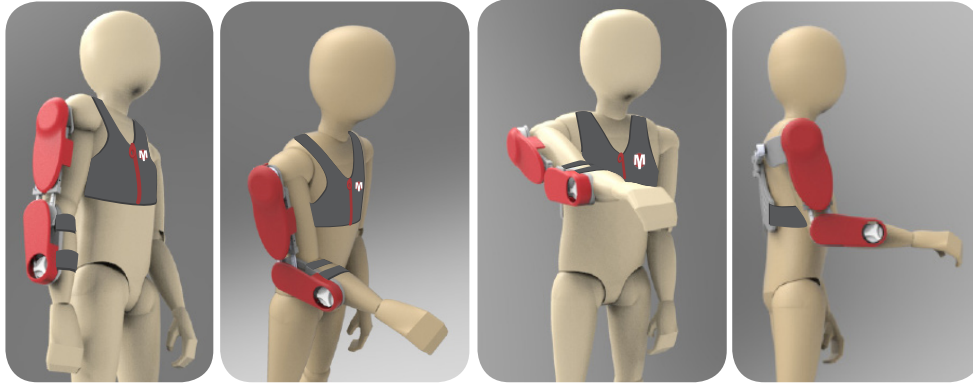
# Propuesta final

## Integrada

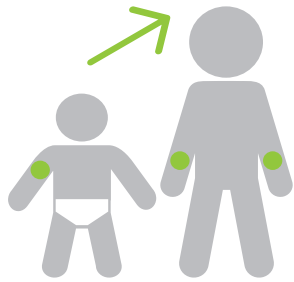
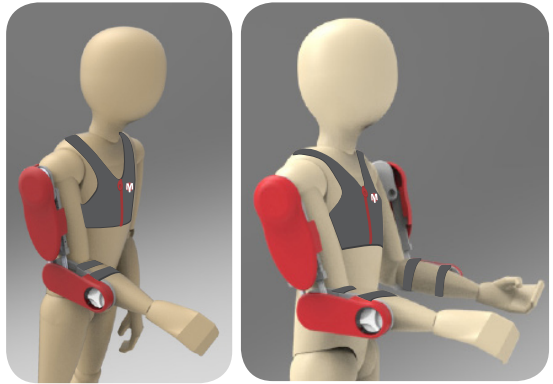
Las principales características de MOSI se resumen a continuación y se detallan adelante.



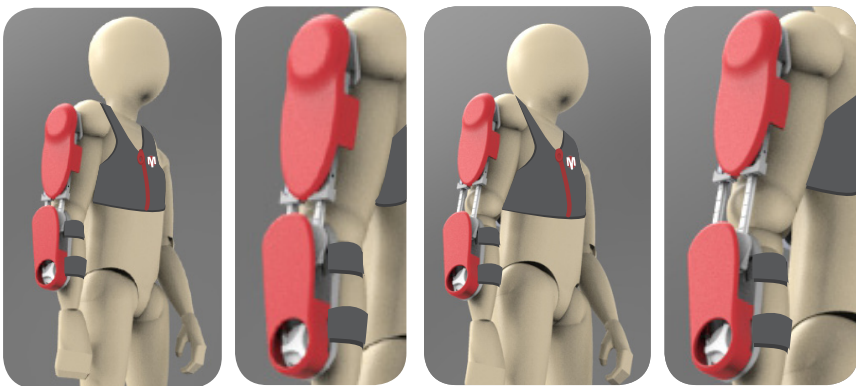
Permite realización de varias actividades.



Atiende necesidades de varias patologías.



Ajuste a diferentes dimensiones y al crecimiento.



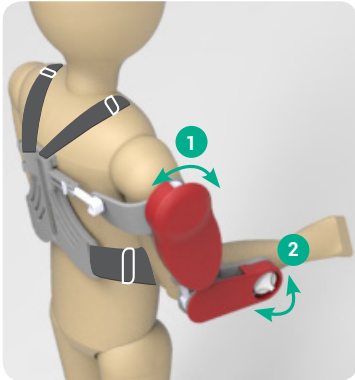
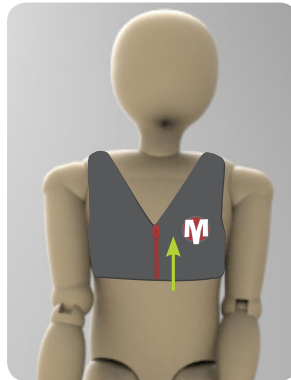
Producido en el país por medio de la impresión en 3D.



Simpatiza con el paciente y aceptación.



Fácil uso para cuidador.



Modelo esta dentro de presupuesto de la Caja.

Modelo de  
\$114.350 a  
\$185.800



# Propuesta final

## Partes

A continuación un exploso de las partes de la órtesis con su respectivo material entre paréntesis:

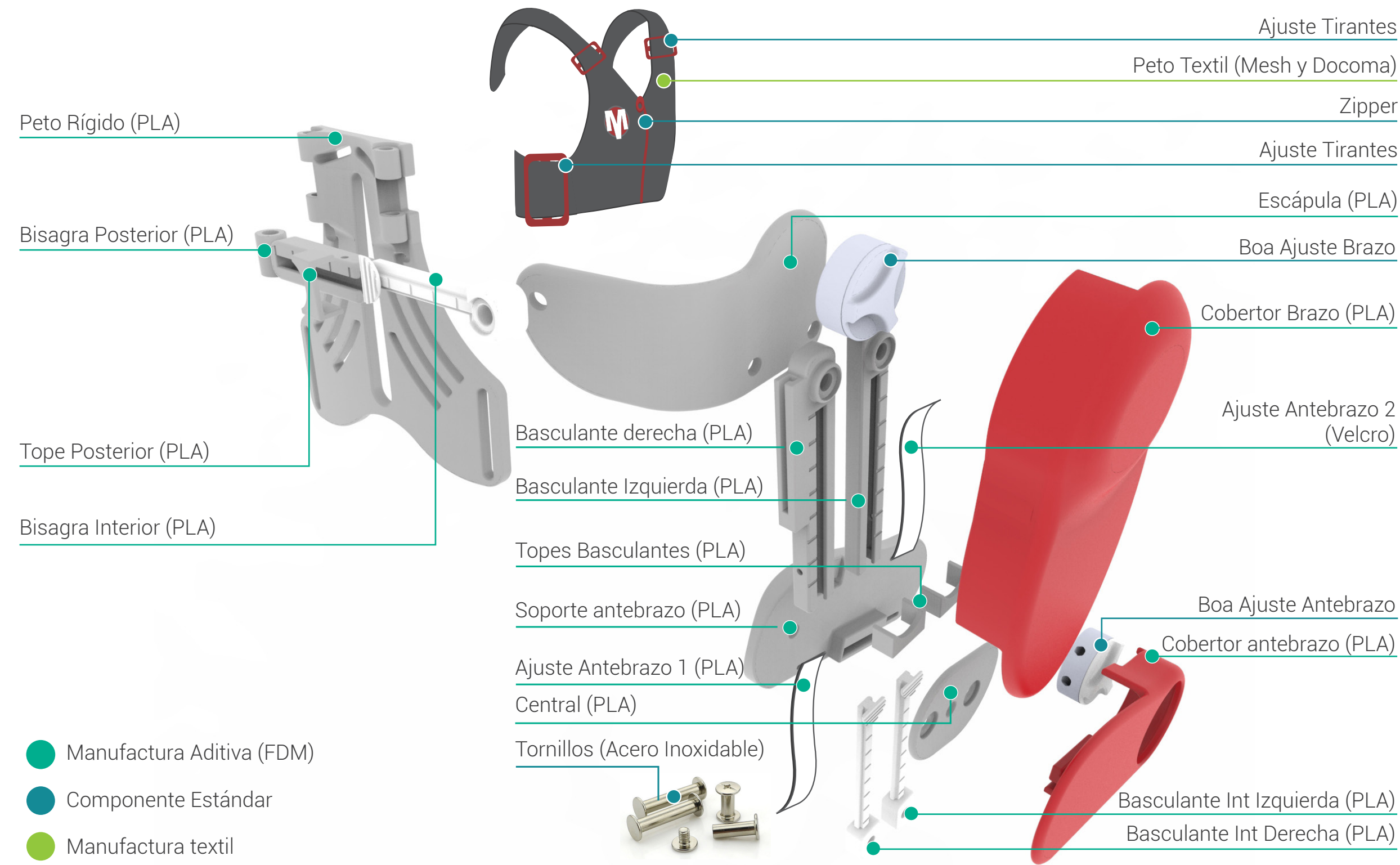


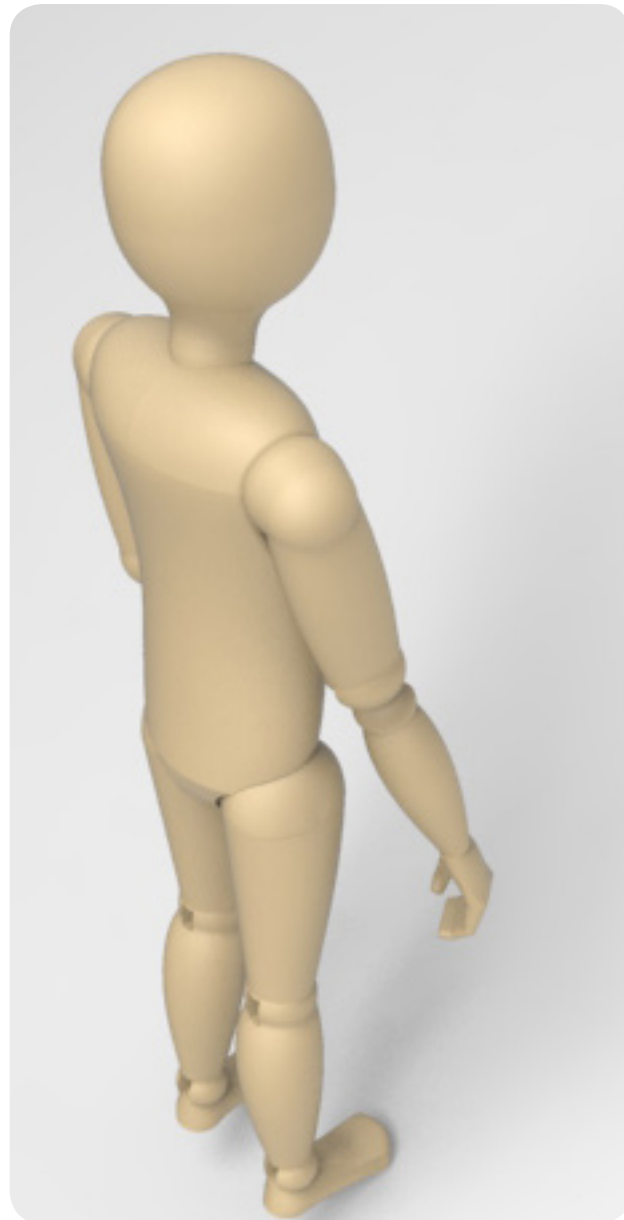
Figura 148. MOSI partes.

# Propuesta final

## Interacción niño - órtesis

### Forma de uso

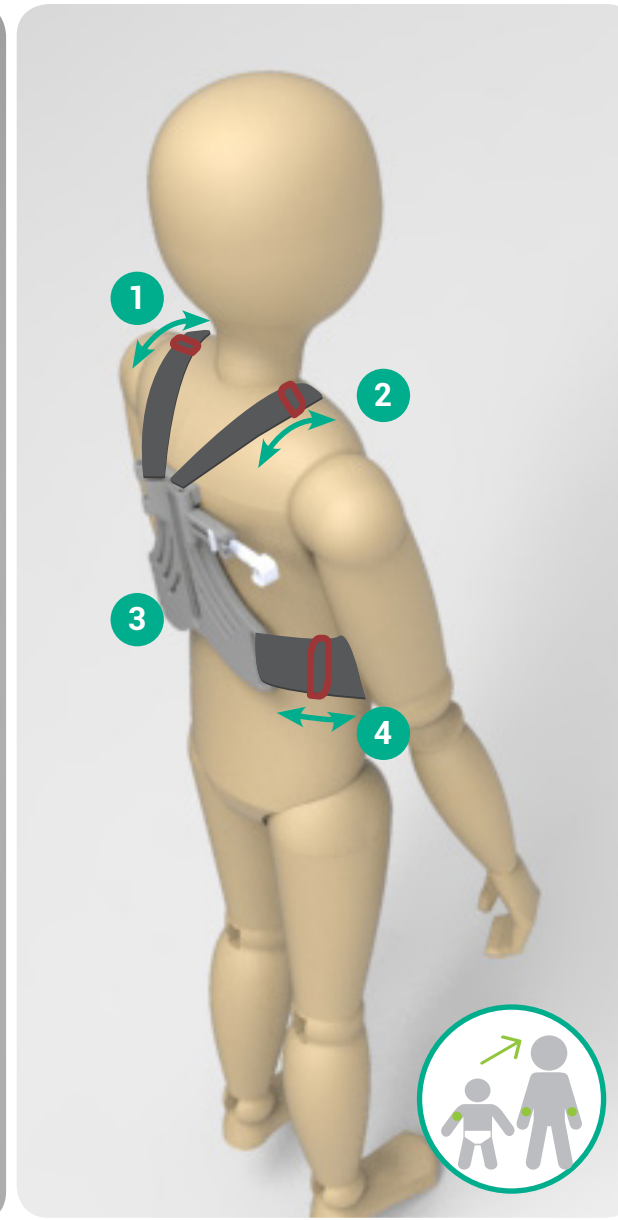
A continuación la explicación de la colocación de la órtesis:



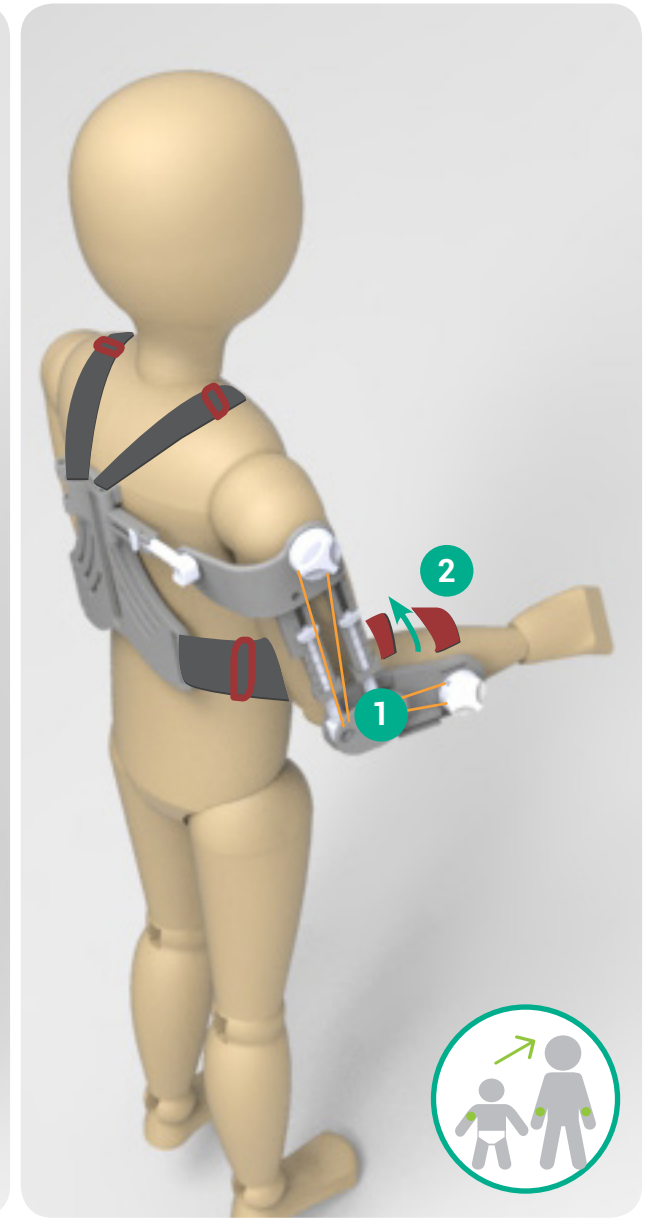
La órtesis deberá de ponerse por encima de la vestimenta del niño.



Primero se coloca el peto, cerrando el zipper, este es fácil de usar debido a que ya se conoce su utilización.



Se debe ajustar el peto, debe de centrarse en la espalda, quedando los puntos subscapulares descubiertos. Se deberá ajustar los 4 tirantes del peto, quedando al cuerpo. Permitiendo el ajuste con el crecimiento del niño y a la población.

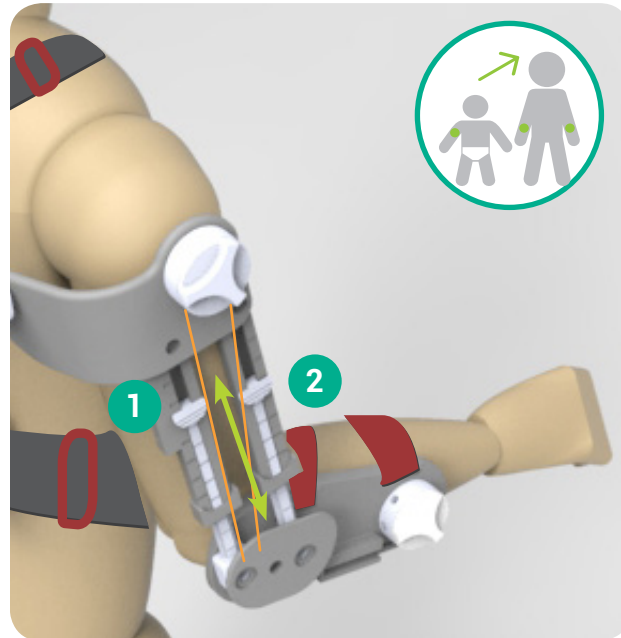


Se debe de colocar los ajustes del antebrazo, en los dos puntos, permitiendo la sujeción del antebrazo con la órtesis.

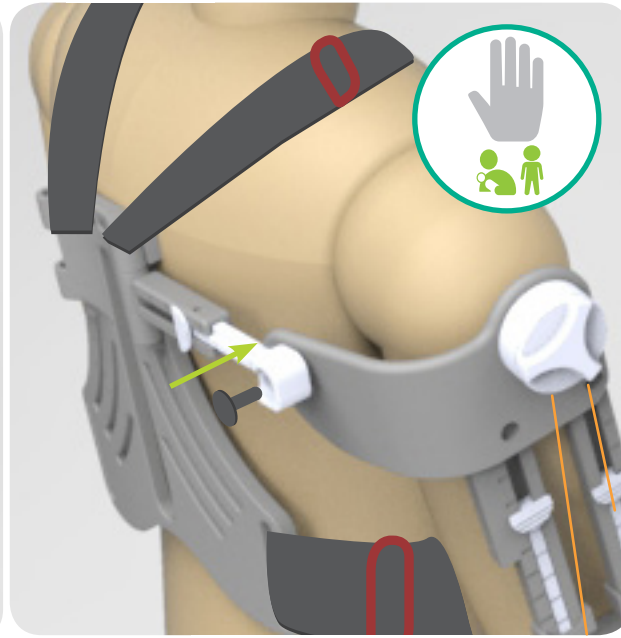
# Propuesta Final

## Interacción niño -órtesis

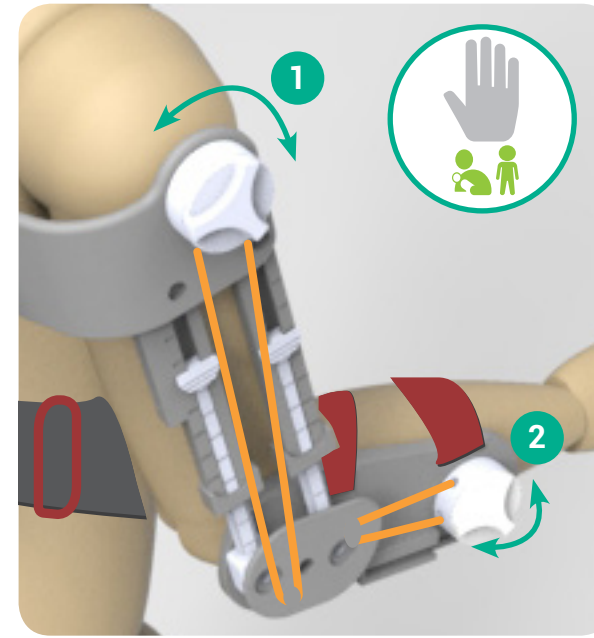
### Forma de uso



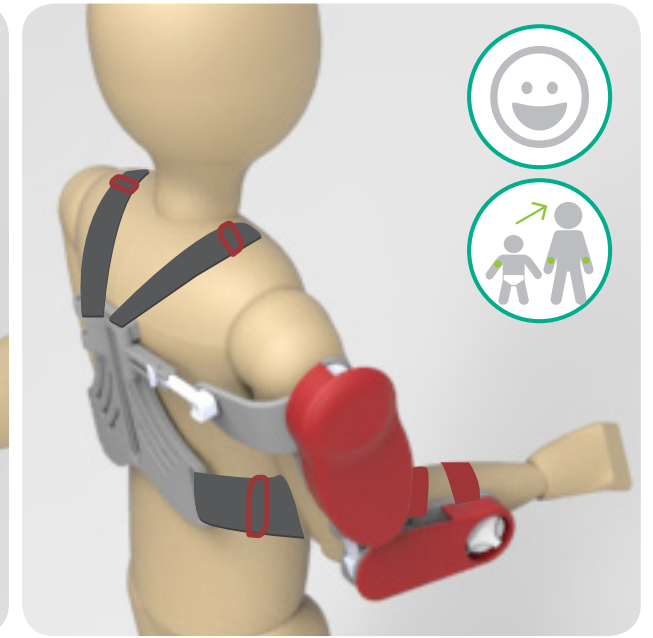
Se debe ajustar el largo de las dos basculantes, éstas deben de ir desde el deltoides hasta el radial. Se fija la longitud por medio del tornillo que presenta la pieza. Este ajuste se realiza al crecer por lo que no hace falta cambiarlo día a día.



Se coloca el tornillo eje, que une la bisagra interna con la pieza de la escápula.



Se ajusta la tensión del cable elástico, según la actividad a realizar, girando el sistema para darle ángulo al brazo como al antebrazo. Aún cuando se coloquen los cobertores, permite regular los ángulos.



Se coloca el cobertor del antebrazo y brazo. Para la escogencia del cobertor del antebrazo y del soporte del antebrazo de deberá medir desde el radial hasta el estilo radial, con esta cantidad elegir el que más se ajusta a esta distancia sin sobrepasarla. Para determinar el tamaño más adecuado del cobertor del brazo se deberá medir entre el acromio y el radial, restarle 6 cm y con esa cantidad buscar el cobertor que más se aproxima a esa distancia pero sin sobrepasarla.

Figura 150. MOSI forma de uso 2.



# Propuesta final

## Posiciones permitidas según actividades

### Actividad 1. Posición neutra abajo



Figura 151. Actividad 1.

El producto permite que el niño presente una posición neutra, con el brazo abajo, con el fin de que descanse el músculo en caso de fatiga muscular.

Además, permite que mantenga el brazo en posición neutra durante el proceso de colocación del producto, para así evitar posturas viciosas que puedan lastimar al niño. Tanto codo como hombro están a 0°.

### Actividad 2. Actividades en la mesa

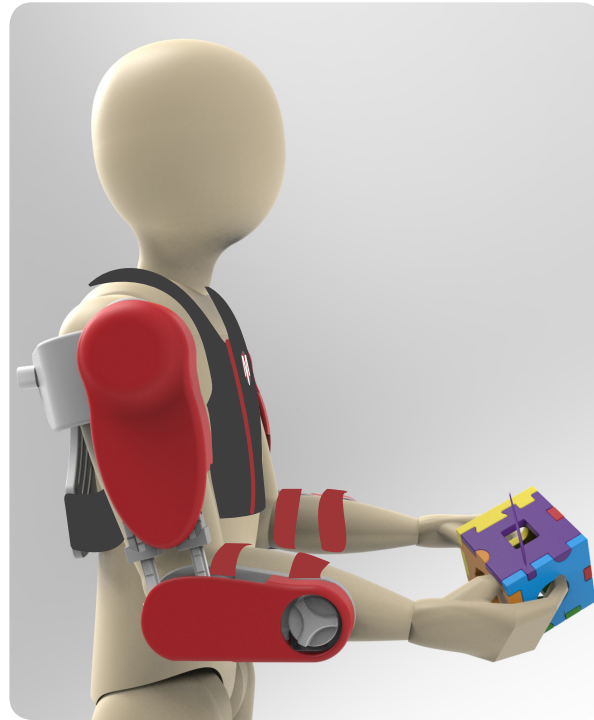


Figura 152. Actividad 2.

Permite regular la angulación de forma tal que el niño se ubique frente a una mesa y pueda realizar actividades sobre este plano, tales como: jugar con legos, pintar, dibujar, entre otras.

Permite una posición del codo flexionado a 90° y el hombro a 10° de flexión. Sobre el plano el niño podrá realizar abducción y aducción a 20°.

### Actividad 3. Pintar sobre la pared

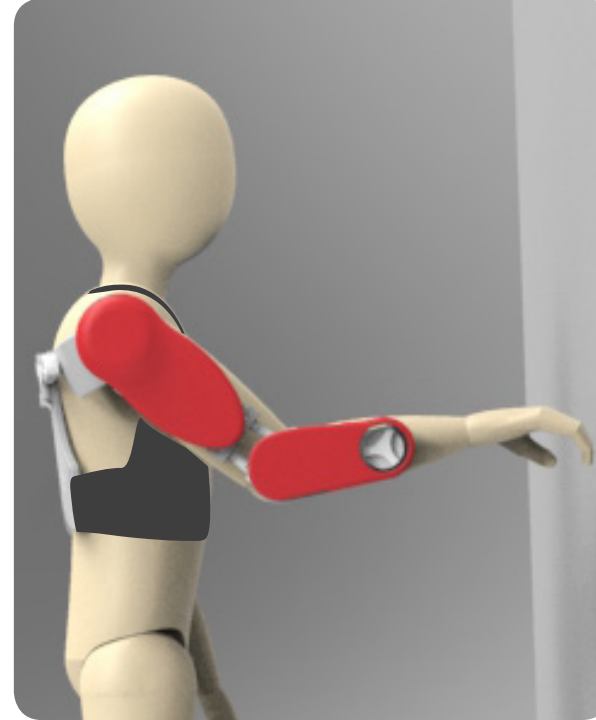


Figura 153. Actividad 3.

La órtesis permite realizar actividades sobre un plano frontal, como pintar sobre un papel pegado en la pared. Esto debido a que es una postura recomendada por los fisioterapeutas, para promover el fortalecimiento de diversos músculos.

El brazo presenta una flexión de 10° y el antebrazo se flexiona hasta un rango de 70°.

### Actividad 4. Alcanzar objetos

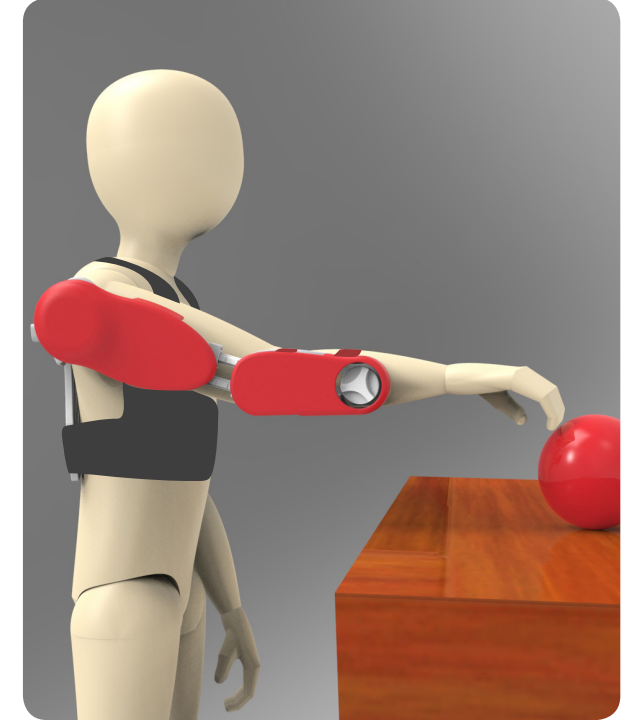


Figura 154. Actividad 4.

La posición de brazo a 90° y codo en posición neutro (0°) permite al niño alcanzar objetos en un plano frontal.

Es así como el niño tiene la posibilidad de sostener objetos y realizar actividades en un plano justo en frente de él.

# Propuesta final

## Posibilidades de uso

### Órtesis en un brazo

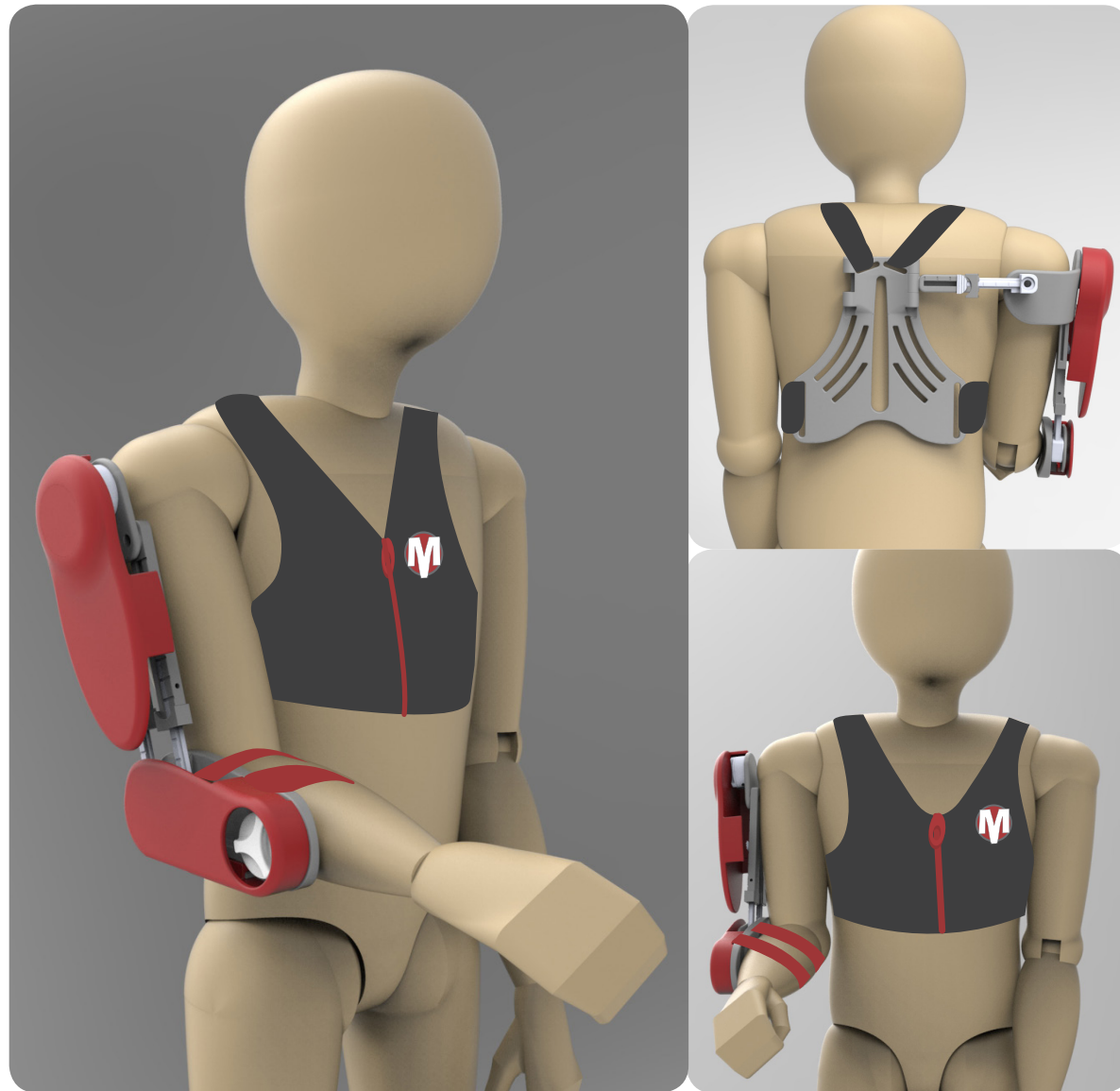


Figura 155. MOSI un brazo.

El niño puede presentar la enfermedad en uno de los brazos, ya sea izquierdo o derecho, por lo que el producto permite la utilización de la órtesis en el brazo respectivamente dañado.

### Órtesis en dos brazos

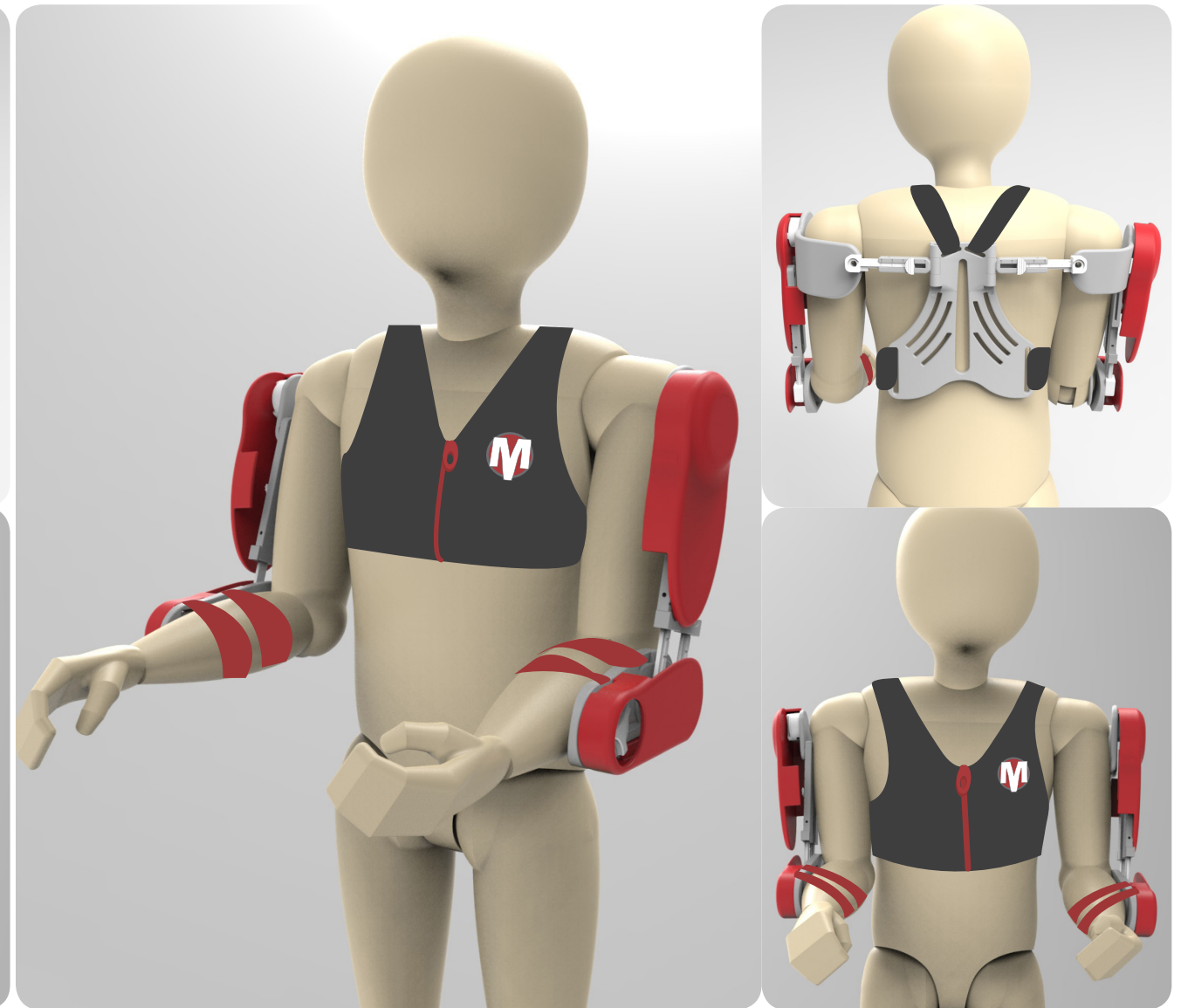


Figura 156. MOSI en dos brazos.

Asimismo, si el daño se presenta en ambos brazos, el niño tiene la posibilidad de utilizar la órtesis para izquierda y derecha, juntas, porque el peto está planteado para permitir ambas alternativas.

# Propuesta final

## Simpatización y aceptación

Debido a la amplia gama de filamentos en impresión 3D, el niño o sus cuidadores podrán escoger los colores para realizar su órtesis de superhéroe. Se darán las recomendaciones pertinentes en cuanto a las combinaciones y se deberá respetar que solo se utilicen 3 colores y que estos a su vez tienen una distribución específica debido a la función que cumplen, piezas fijas: color neutro, piezas de ajuste: color menos saturado y cobertores: de color saturado. A continuación ejemplos de combinaciones con el color base de gris metálico:





# Propuesta final

## Simpatización y aceptación

Como parte de la simpatización y aceptación de la órtesis por parte del niño, se utiliza la connotación de superhéroes esta se utiliza en la estética del producto debido a su forma y los colores que se utiliza para su confección, asociando la órtesis con un traje de un superhéroe. Además, la órtesis se entrega al niño con un cuento titulado "El Nuevo Super Traje" el cual tiene varias funciones importantes, una las ellas es que modela la acción de utilizar el producto y enseña gráficamente como con ayuda de amigos se debe colocar la órtesis. Por último también colabora con la aceptación del niño en un ambiente con otros niños, por lo cual la órtesis acompañada de este cuento se vuelve una herramienta de ayuda para sus padres, cuidadores y profesores. Este libro contiene una lámina de calcomanías para que el niño pueda personalizar la órtesis por sí mismo, esta personalización permite que el niño se pueda apropiarse de su órtesis.

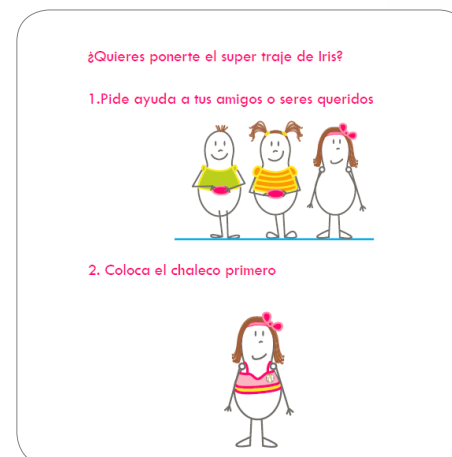


Figura 158. MOSI simpatización.

# Propuesta final

## Subsistemas de órtesis

El sistema de la órtesis contiene 4 subsistemas que corresponden al subsistema de chasis, ajuste, angulación y articulación. Los cuales se detallan en breve. En donde se explica cómo funciona la órtesis

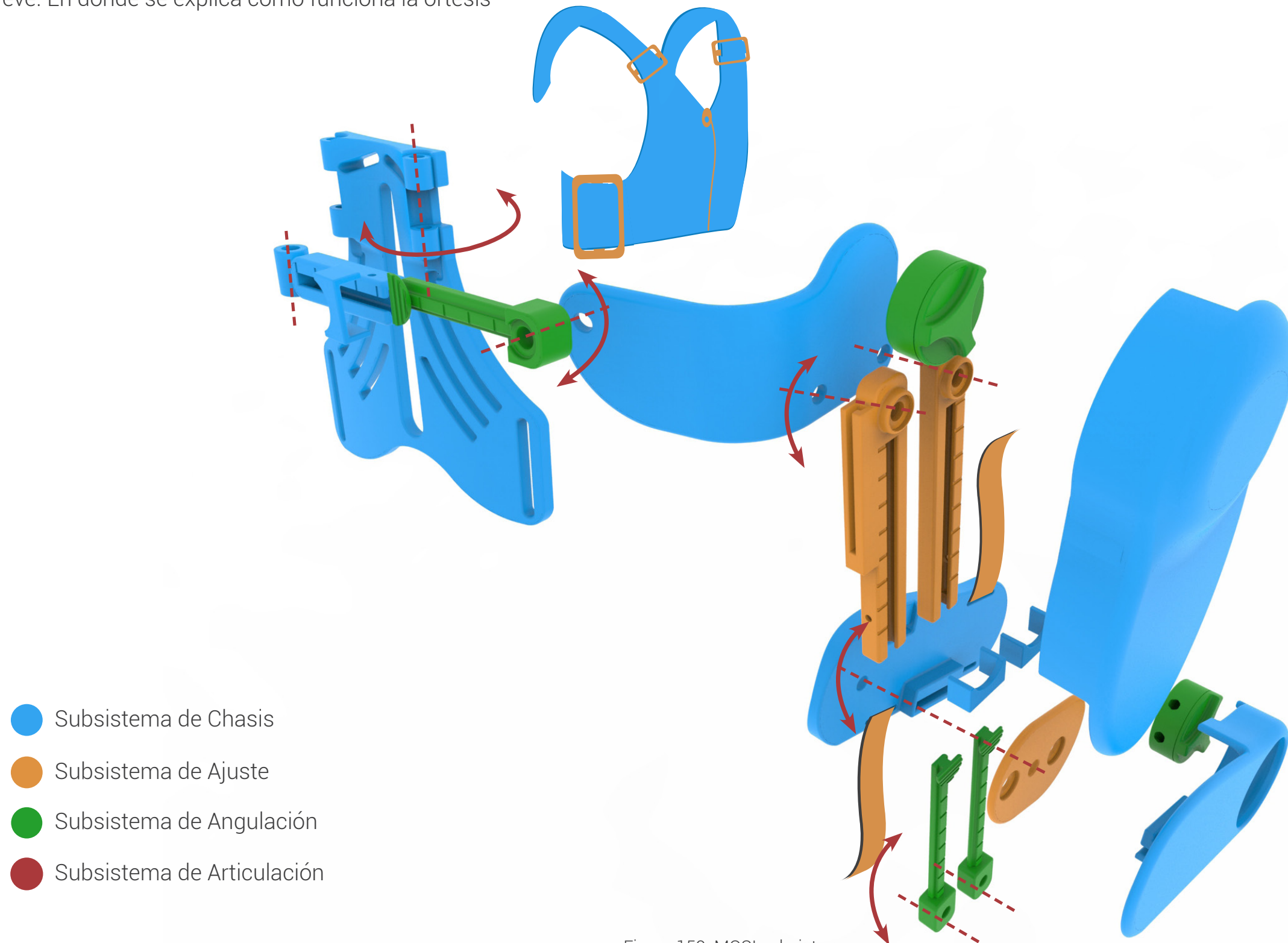


Figura 159. MOSI subsistemas.

# Propuesta final

## Subsistema chasis

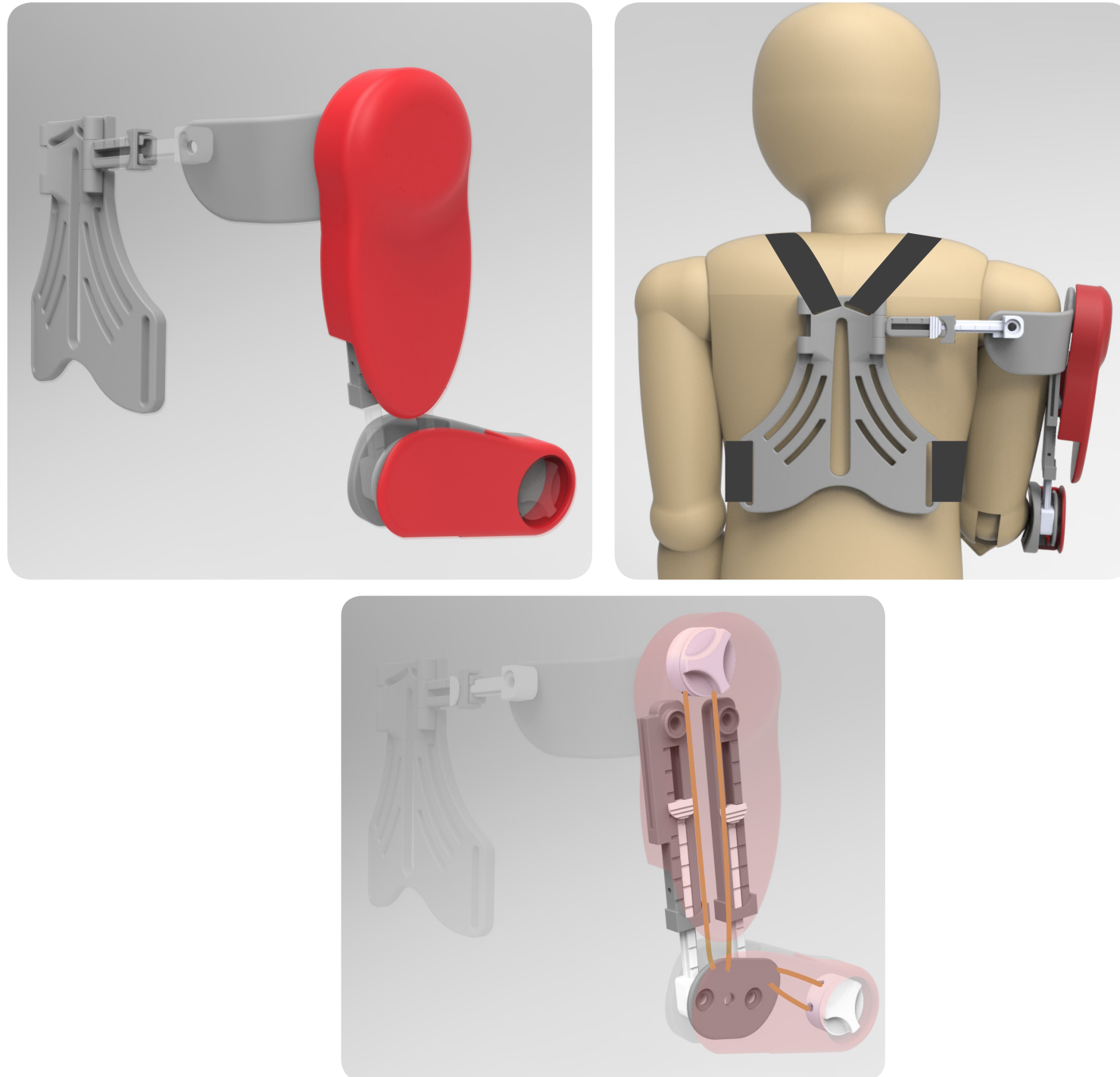


Figura 160. MOSI chasis.

Este subsistema se encarga de dar estructura al producto, está formado por el peto, la bisagra trasera, la escapula, basculantes, soporte del antebrazo y cobertores. Estos cobertores permiten la protección de los mecanismos internos además, su apariencia de escudo que da alusión de un traje de un superhéroe, colabora con la estética del dispositivo.

El peto permite dar control postural y evitar luxaciones pero a la vez permite el movimiento de los miembros superiores.

Los cobertores y el soporte del antebrazo por sus características se consideran adecuado que tengan tallas, para escoger la que más convenga al niño según sus dimensiones. Cada una de ellas tendrá 3 tallas, sin embargo la talla del cobertor del brazo será independiente en cambio el soporte del antebrazo y el cobertor del antebrazo tendrán las mismas dimensiones.

Las tallas del cobertor del antebrazo y soporte antebrazo

P: 5,6 cm	M: 7.8 cm	L: 10 cm
-----------	-----------	----------

Las tallas del cobertor del brazo:

P 9.2 cm	M: 12 cm	L 14.8 cm
----------	----------	-----------

Las demás piezas son normalizadas, ya que se mantienen iguales, independientemente de las dimensiones del niño de 3 a 6 años



# Propuesta final

## Subsistema ajuste

### Longitudinal

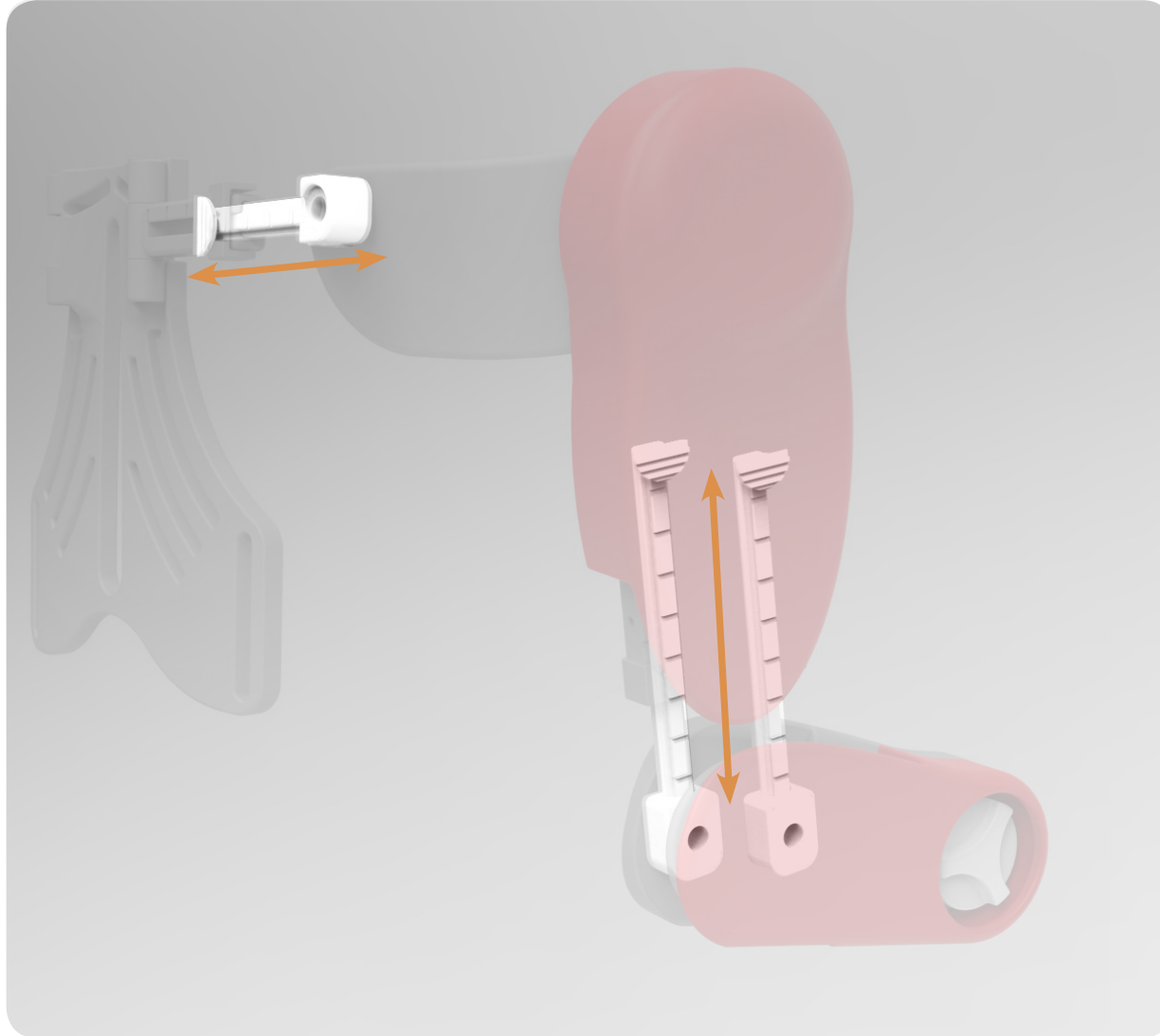


Figura 161. MOSI ajuste diametral.

### Diametral

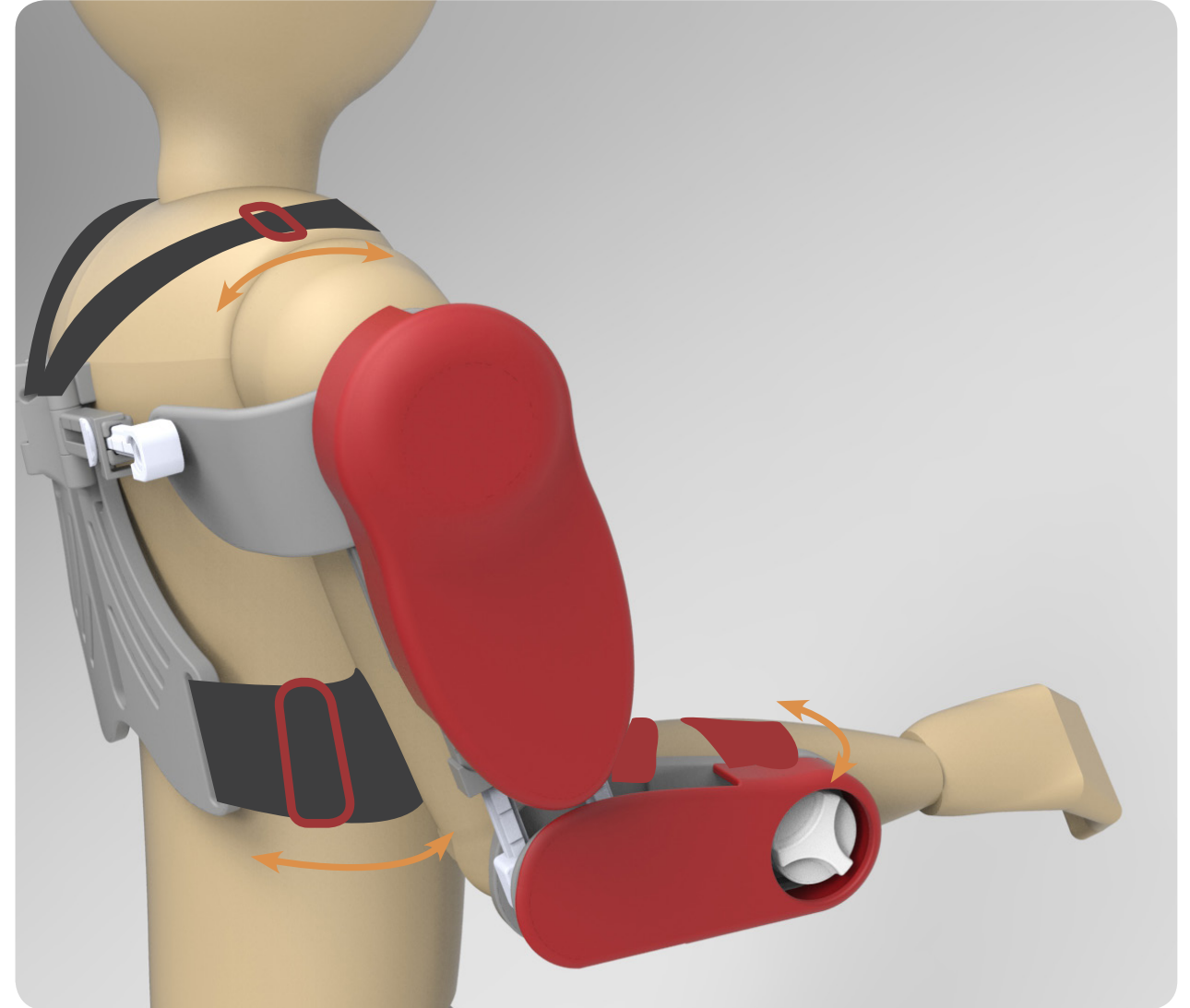


Figura 162. MOSI ajuste longitudinal.

Este subsistema se encarga de ajustar el sistema al usuario. De tal manera que sea posible el buen funcionamiento. Este ajuste se da longitudinalmente a nivel de la espalda con la pieza bisagra interna y también a nivel del brazo con las basculantes. Además, se da un ajuste diametral, permitido por las partes textiles del sistema, las cuales son el peto textil y el ajuste antebrazo en dos puntos.

# Propuesta final

## Subsistema angulación

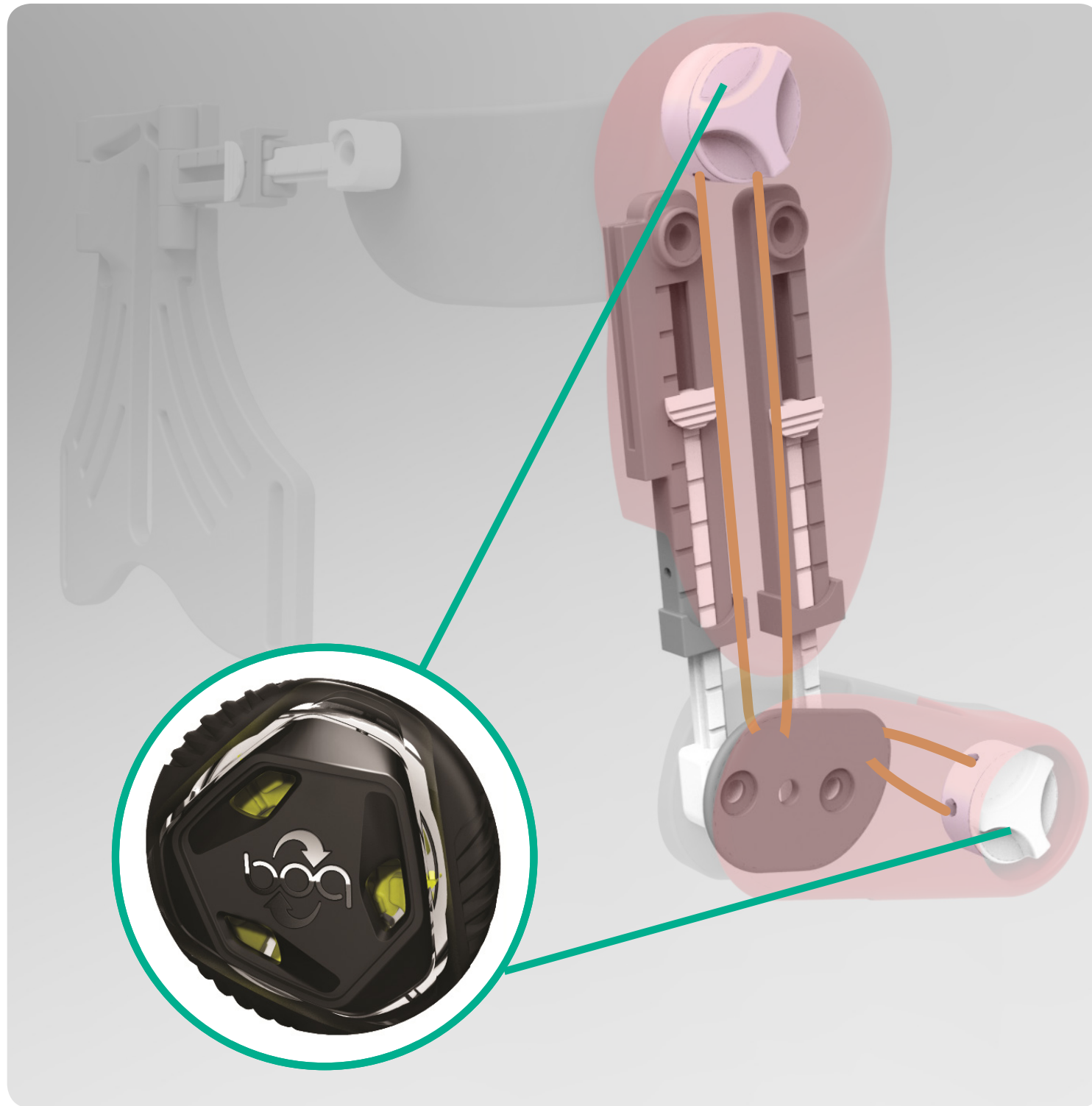


Figura 163. MOSI angulación.

Este subsistema permite soportar el peso del brazo, además de permitir la regulación del ángulo del brazo y el antebrazo. Consta de dos barras basculantes, el Boa, utilizado en dos puntos diferentes el cual es un sistema patentado que ajusta un cable elástico, permite diferentes longitudes de cuerda. Además del cable elástico que dependiendo de su longitud dará diferentes ángulos al brazo y al antebrazo, las basculantes y los cables elásticos se unen a la pieza central, que permite el buen funcionamiento del subsistema. Entre mayor tensión más subirá el brazo.

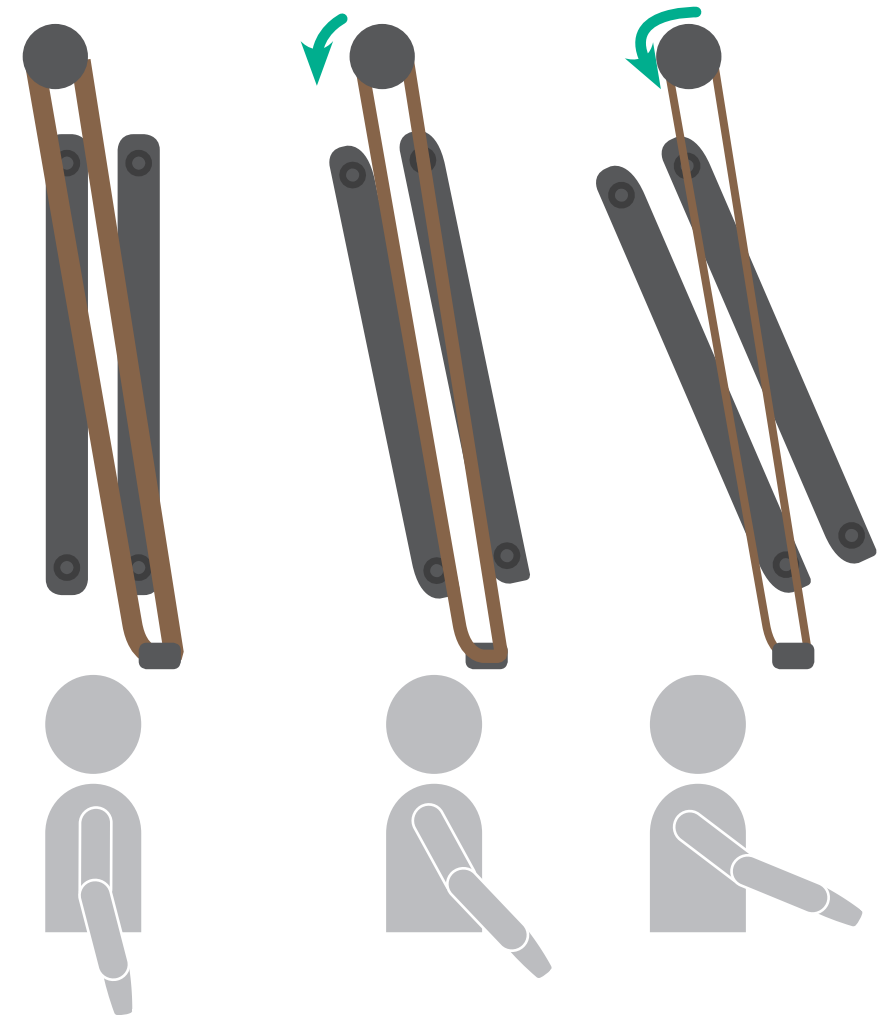
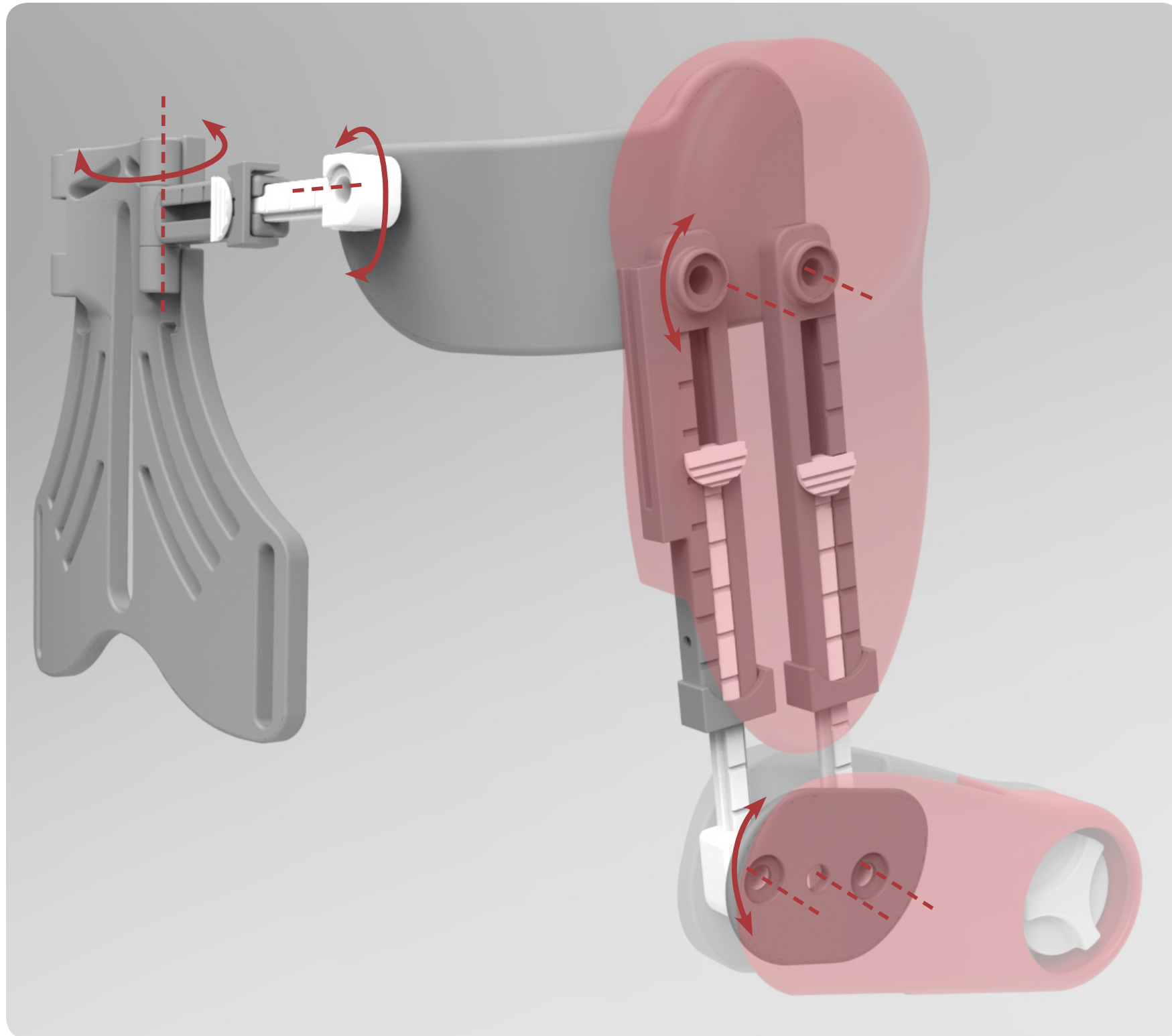


Figura 164. Tensión cable elástico.

# Propuesta final

## Subsistema articulación



Este subsistema permite a través de elementos de algunas partes como la bisagras y ejes, la articulación del sistema, permitiendo movimientos diversos al utilizar el sistema. Estos movimientos que permite son flexión, extensión, abducción y aducción.

Figura 165. MOSI articulación.



# Modelo

Como parte del proyecto se realizó un modelo, el cual comparte una gran parte de las características de la propuesta final para ejemplificar, a continuación detalles del modelo realizado



# Modelo

## Fotos y detalles



Figura 166. MOSI modelo.



## Validaciones finales

Con fin de comprobar el sistema, se adiciona las pruebas realizadas en SolidWorks, demostrando su resistencia mecánica y el centro de masa. Otras validaciones fueron realizadas durante el proceso, por lo cual las mejoras ya se pueden ver reflejadas en el diseño final.



# Validación de propuesta final

## Análisis de esfuerzos en SolidWorks

Para comprobar que las partes cumplieran con su función a nivel estructural se realizaron pruebas de tensión y flexión en SolidWorks, con cargas que correspondían a un poco más del peso del brazo-antebrazo- muñeca de un niño de 6 años con un percentil 95. Además, se tomó en consideración las normas para los juguetes de niños, los cuales se someten a una prueba de tensión y flexión a una fuerza de 4,5 N. Se asume que las piezas son sólidas y en este caso se realizó con el material ABS. Al realizar los análisis se demuestra que ninguna de las piezas llega a romperse al ser sometida a dichos esfuerzos, por lo cual valida la geometría de las piezas.

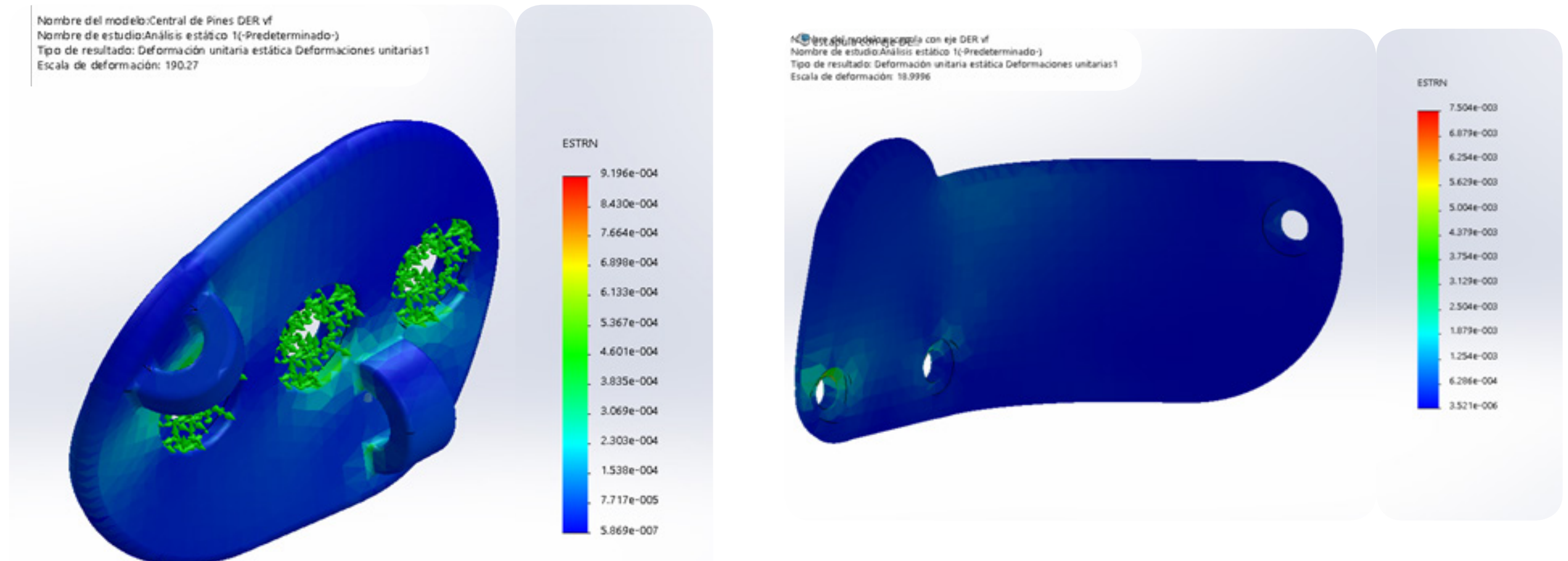


Figura 167. Análisis de esfuerzos.

# Validación de propuesta final

## Centro de masa

Para comprobar la estabilidad del dispositivo se realizaron los cálculos por medio de SolidWorks del centro de masa del dispositivo sobre un usuario. En las siguientes imágenes el centro de masa del sistema se señala con el eje de coordenadas rosado. Cuando MOSI es usado en un sólo brazo, el centro de masa no queda justo en el centro del sistema, sin embargo no genera inestabilidad ya este se mantiene dentro de los puntos de apoyo del usuario. Al usar a MOSI en los dos brazos aun se mantiene la estabilidad del sistema por la posición en la que se ubica el centro de masa, con mayor rendimiento que en un solo brazo. Podemos notar que al realizar actividades la estabilidad se conserva en todo momento.

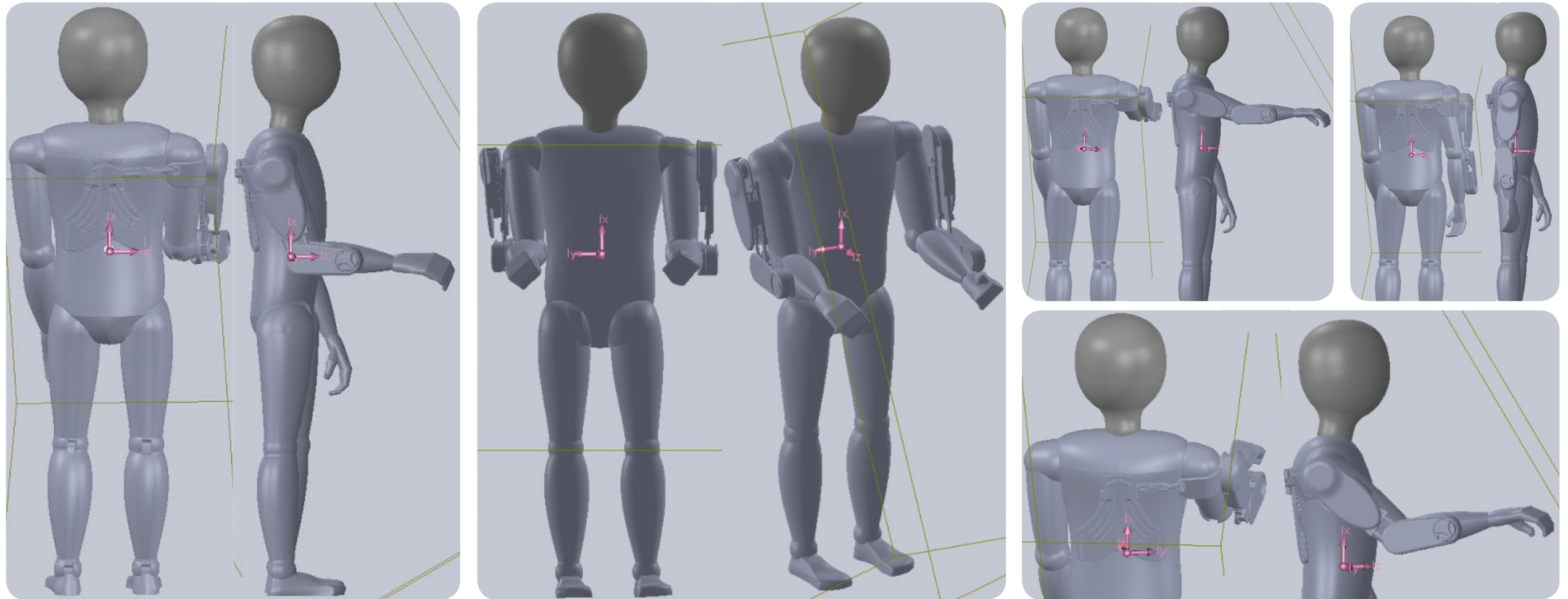


Figura 168. Centro de masa.

# Cuaderno técnico

Se realizó el cuaderno técnico con el fin que esta órtesis se pueda reproducir, este cuenta con los planos de cada una de las piezas. Además, de enseñar el ensamble del producto.

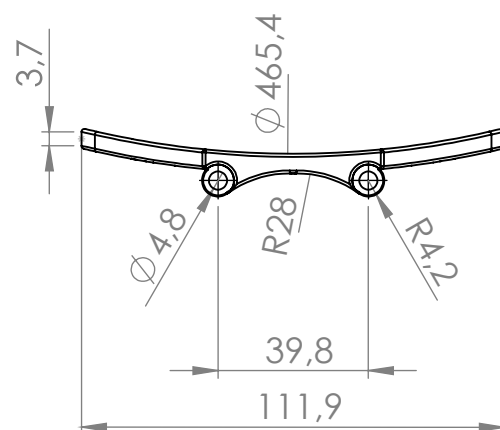
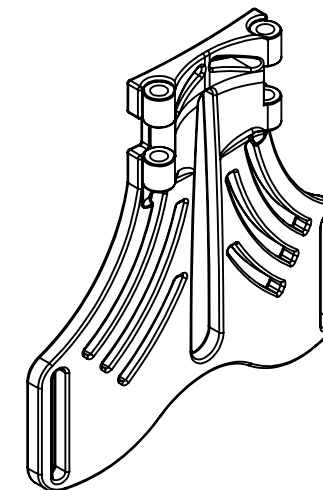
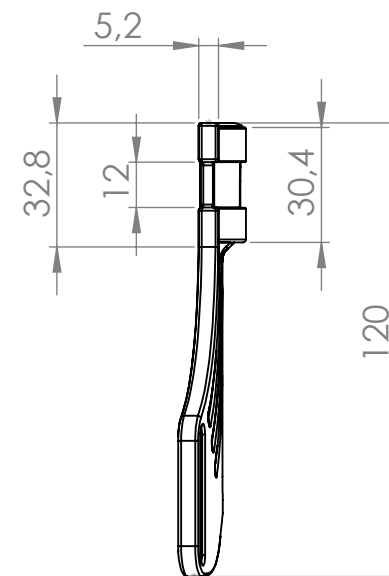
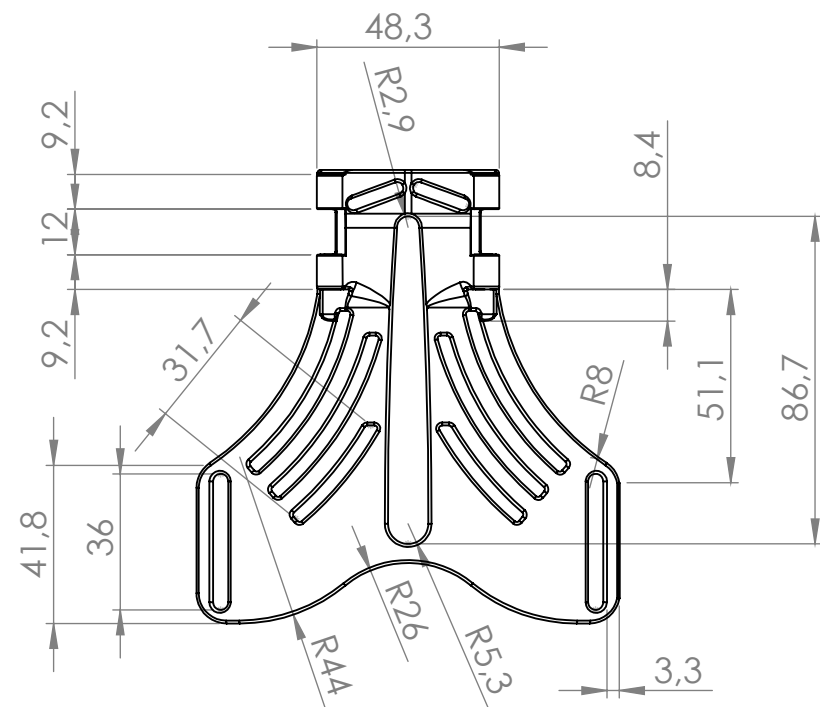


# Componentes


Las piezas presentadas a continuación, corresponde a los componentes requerido para la colocación de la órtesis en uno de los brazos, en caso de requerir el producto en ambos brazos, las piezas deben duplicarse en número, exceptuando el peto rígido (pieza 1), el peto textil (pieza 14), y las piezas de ajuste (piezas 19, 20).

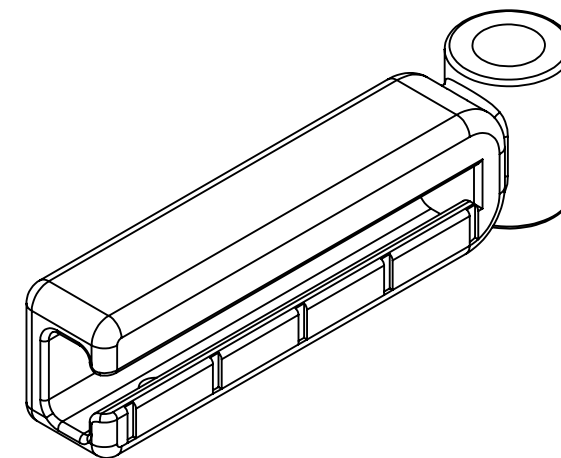
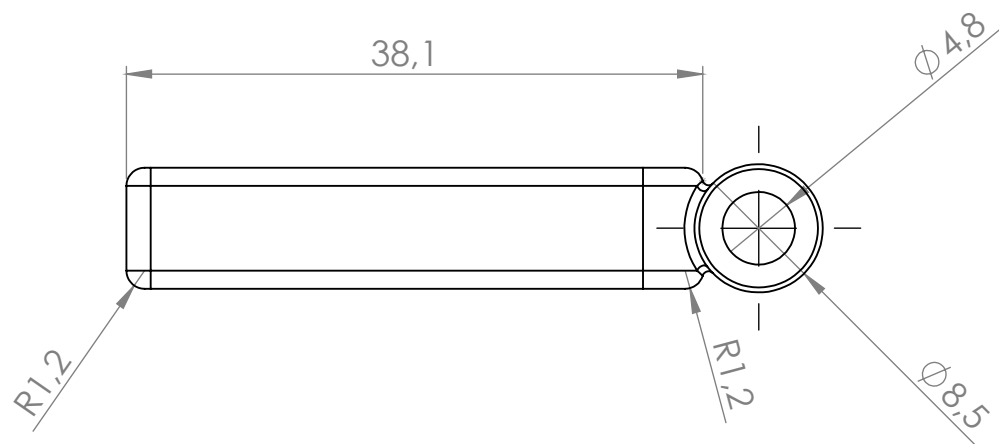
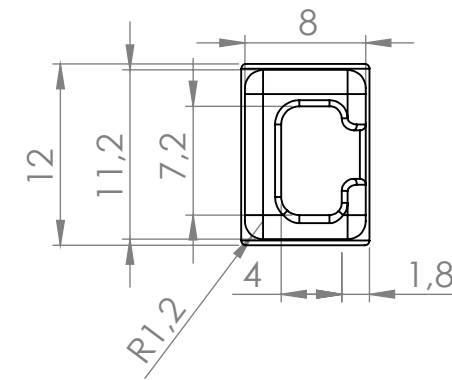
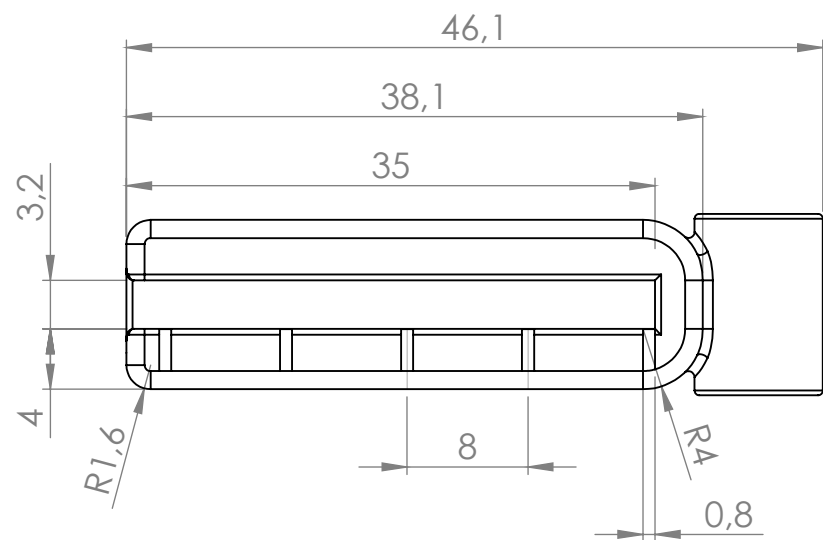
COMPONENTES ÓRTESIS					
# PIEZA	CATEGORÍA	CANTIDAD	COMPONENTE	MATERIAL	OBTENCIÓN
1	Peto Rígido	1	Normalizado	PLA natural	Impresión 3D
2	Bisagra Posterior Externa	1	Normalizada (Ajustable)	PLA natural	Impresión 3D
3	Bisagra Posterior Interna	1	Normalizada (Ajustable)	PLA artificial	Impresión 3D
4	Pieza Escápula	1	Normalizada	PLA natural	Impresión 3D
5	Basculante Exterior Derecha	1	Normalizada (Ajustable)	PLA natural	Impresión 3D
6	Basculante Interior Derecha	1	Normalizada (Ajustable)	PLA artificial	Impresión 3D
7	Basculante Exterior Izquierda	1	Normalizada (Ajustable)	PLA natural	Impresión 3D
8	Basculante Interior Izquierda	1	Normalizada (Ajustable)	PLA artificial	Impresión 3D
9	Soporte Antebrazo	1	Talla S, M, L	PLA natural	Impresión 3D
10	Central	1	Normalizado	PLA artificial	Impresión 3D
11	Tope Basculante	5	Normalizado	PLA artificial	Impresión 3D
12	Cobertor Antebrazo	1	Talla S, M, L	PLA artificial	Impresión 3D
13	Cobertor Brazo	1	Talla S, M, L	PLA artificial	Impresión 3D
14	Peto Textil	1	Normalizado (Ajustable)	Mesh / Forro: Docomo	Proveedor
15	Tornillo Roscado tipo a	5	Estandarizado	Acero Inoxidable	Proveedor
16	Tornillo Roscado tipo b	1	Estandarizado	Acero Inoxidable	Proveedor
17	Tornillo Roscado tipo c	1	Estandarizado	Acero Inoxidable	Proveedor
18	Tornillo de Presión	4	Estandarizado	Acero Inoxidable	Proveedor
19	Pieza ajuste (tirante)	2	Estandarizado	PLA artificial	Proveedor
20	Pieza ajuste (costado)	2	Estandarizado	PLA artificial	Proveedor
21	Tiras Flexibles	2	Estandarizado	Velcro	Proveedor
22	Boa Closure System	2	Estandarizado	Plástico	Proveedor
23	Cable Flexible	2	Estandarizado	Elastómero	Proveedor

Figura 169. Cuadro: Componentes.




### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

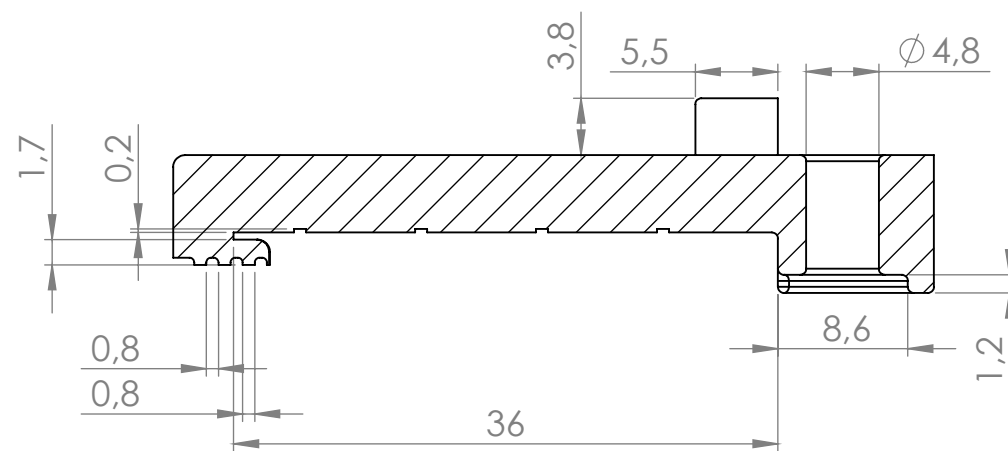
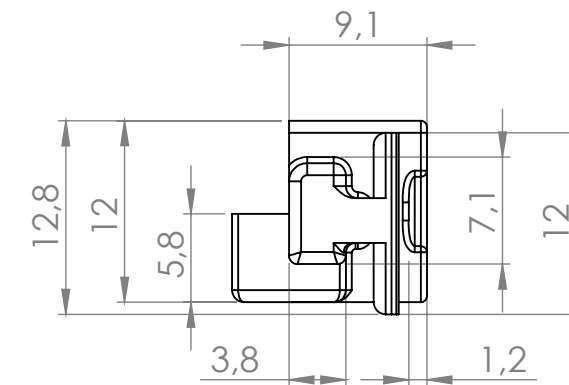
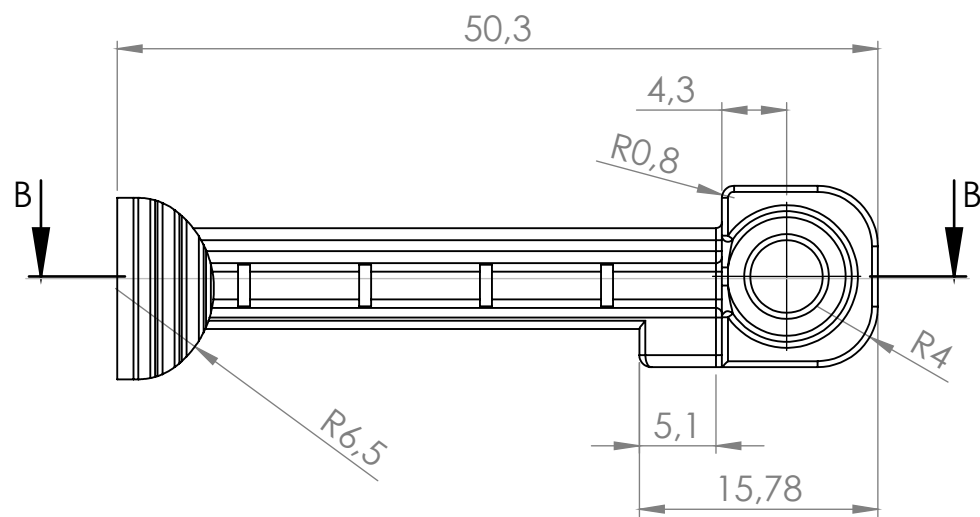
Pieza 1	Peto Rígido	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 2:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir con la cara superior sobre la cama.				1 / 13
				10/11/2016



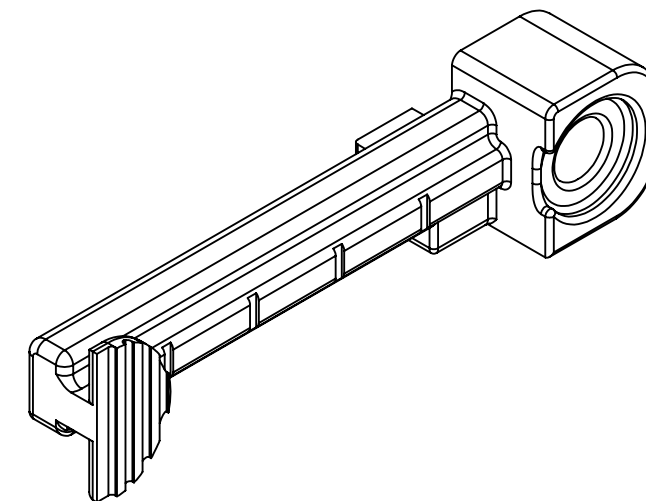
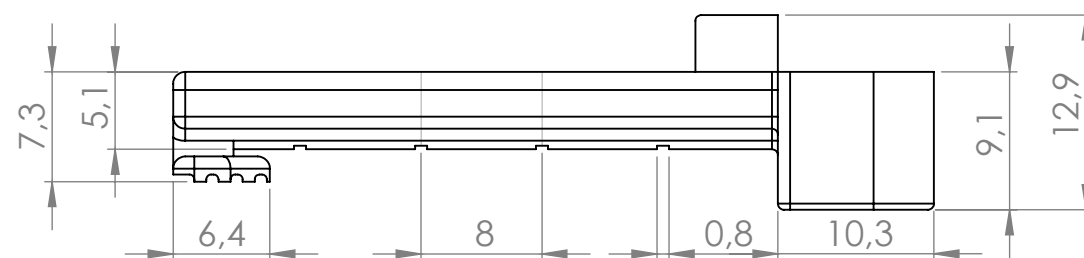
### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

Pieza 2	Bisagra Posterior Externa	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 2:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir sobre la cara inferior de la pieza sobre la cama.				2 / 13
				10/11/2016




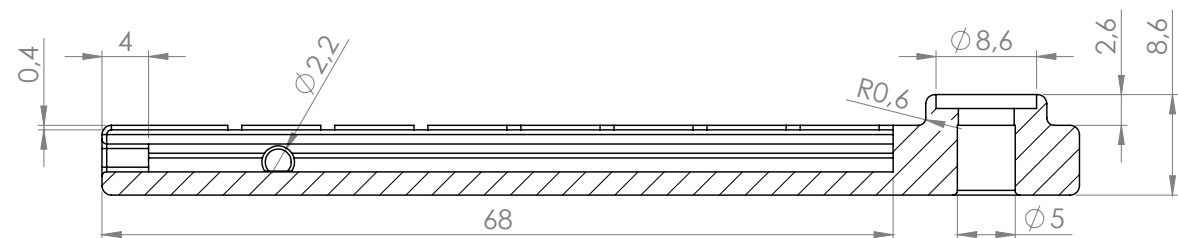
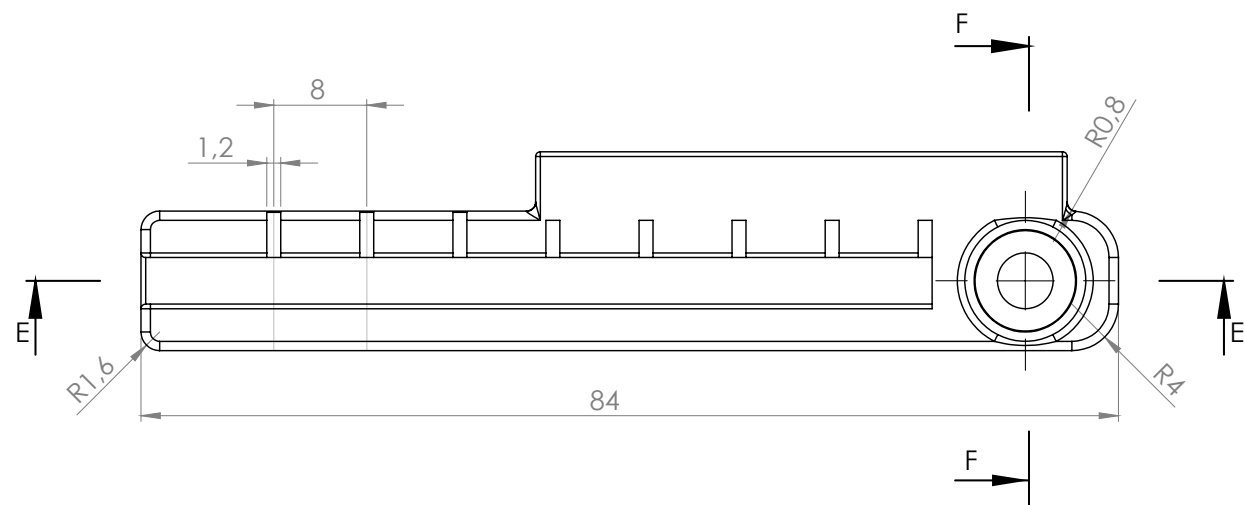


SECCIÓN B-B

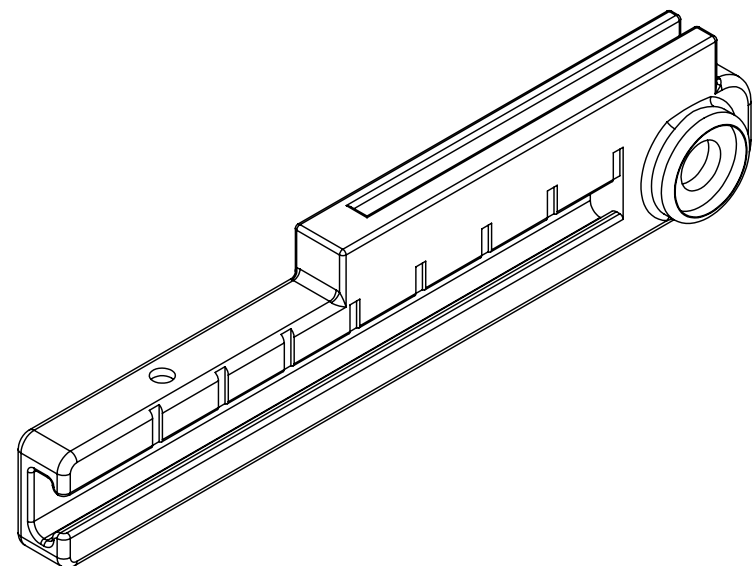
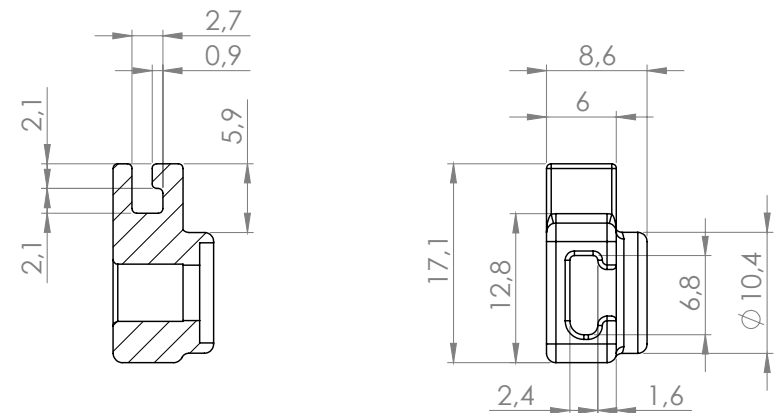
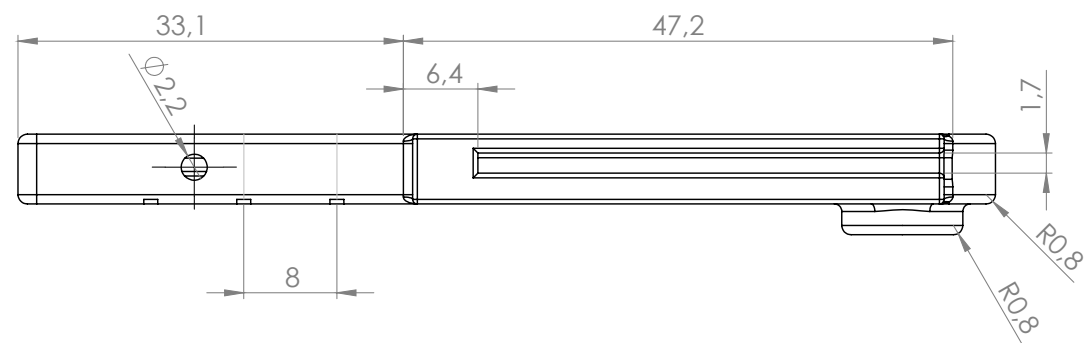


### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo


Pieza 3	Bisagra posterior interna	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 2:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir con la cara inferior de la pieza sobre la cama.				3 / 13
				10/11/2016

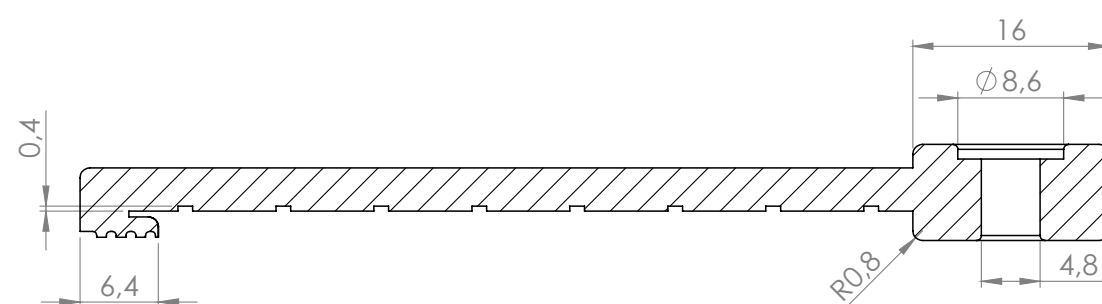
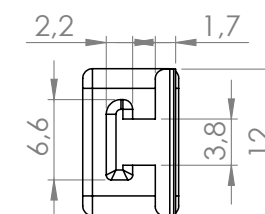
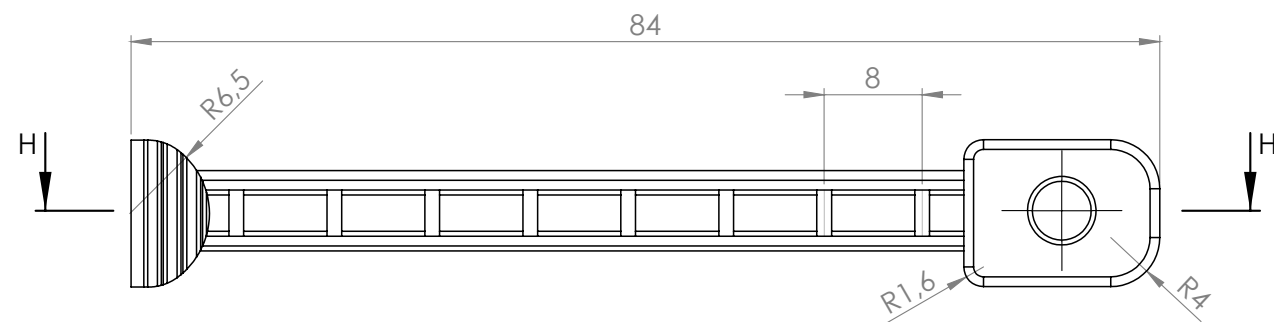


SECCIÓN E-E  
ESCALA 2 : 1

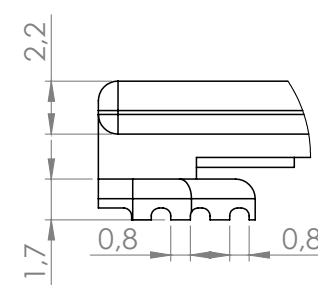


### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

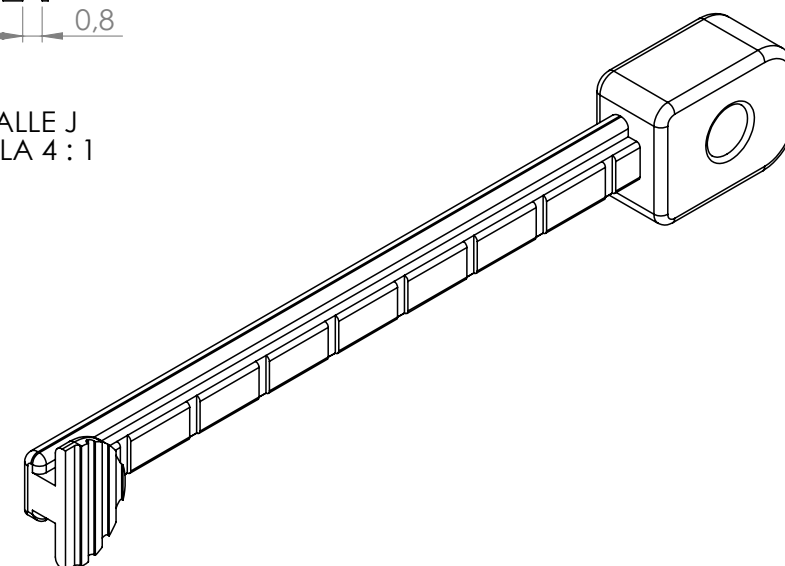
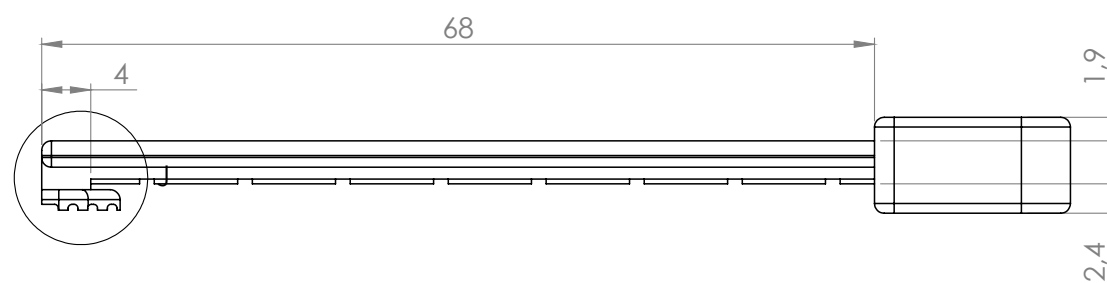
Pieza 5	Basculante Exterior Der	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 1:2	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir con la cara inferior de la pieza sobre la cama.				5 / 13
				10/11/2016




SECCIÓN H-H  
ESCALA 2 : 1



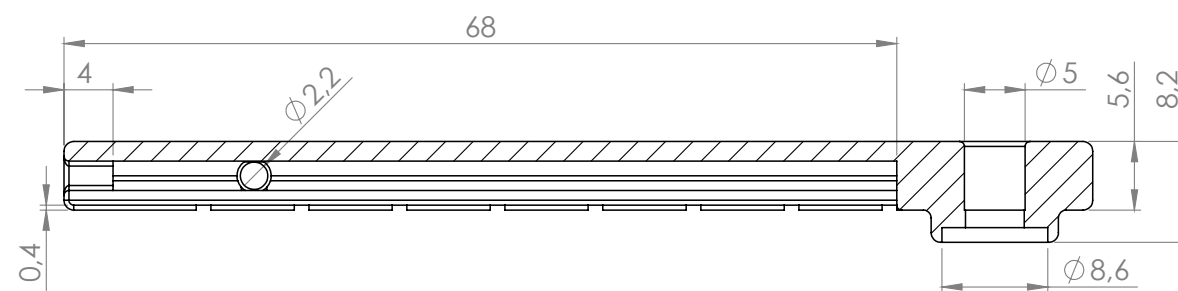
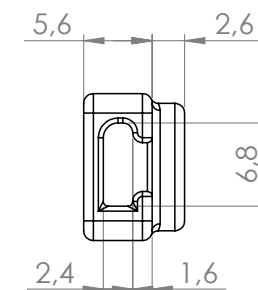
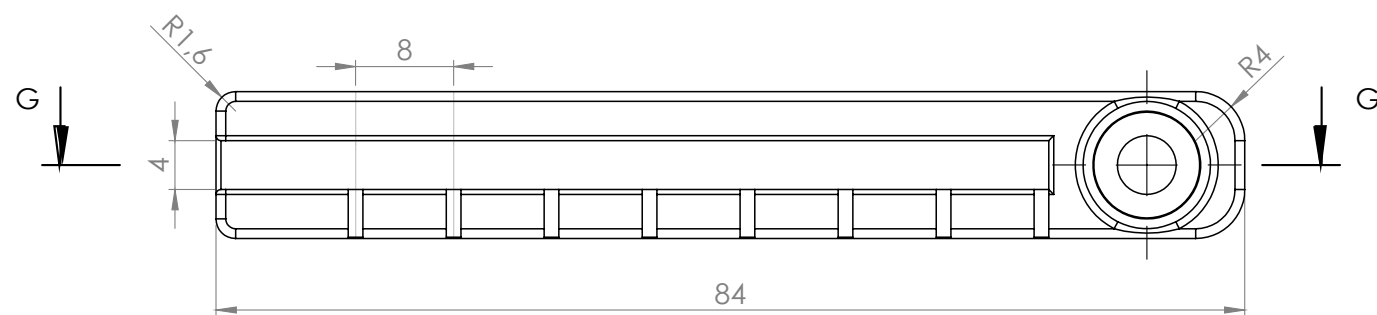
DETALLE J  
ESCALA 4 : 1



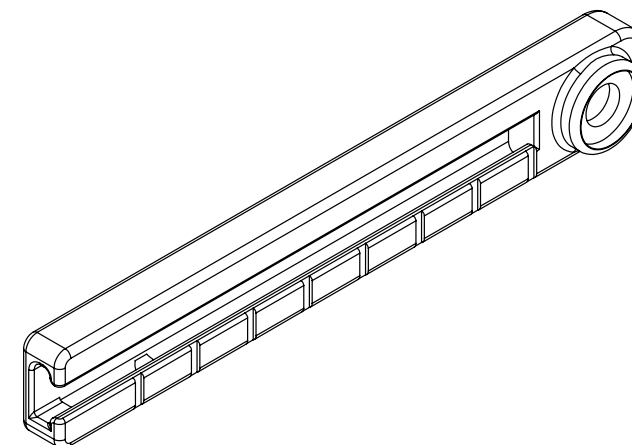
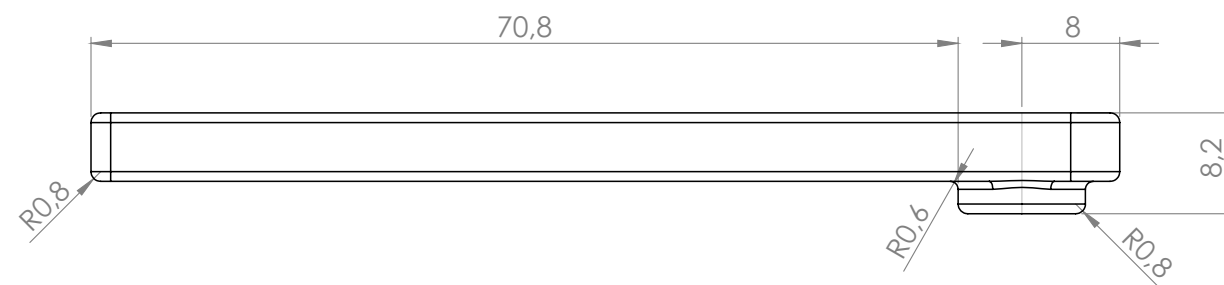
### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

Pieza 6	Basculante Interior Der	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 1:2	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir con la cara inferior de la pieza sobre la cama.				6 / 13
				10/11/2016




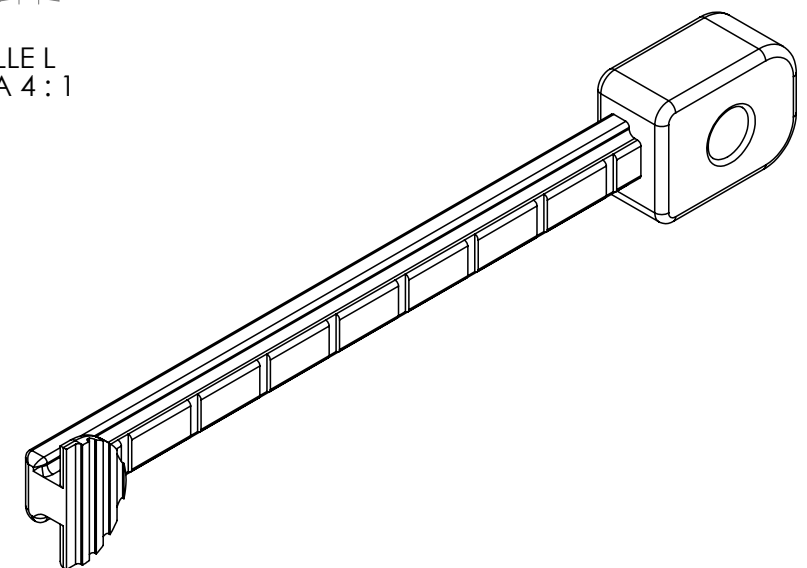
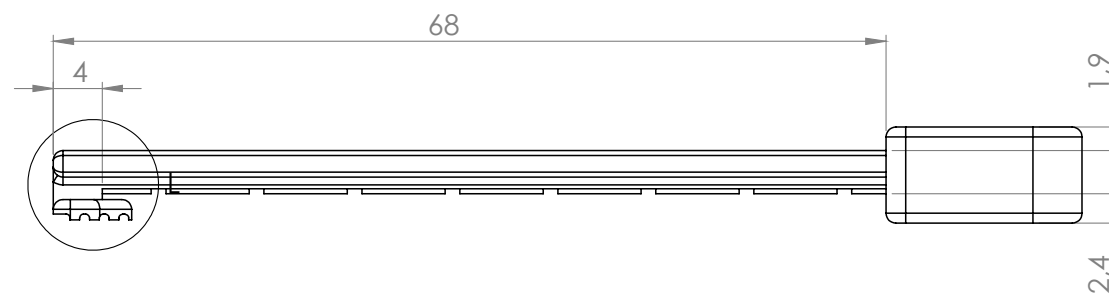
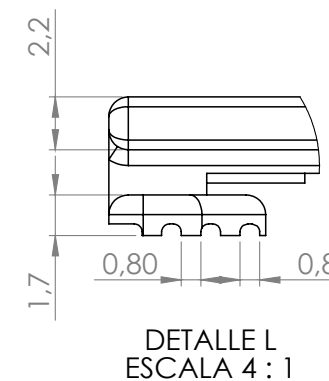
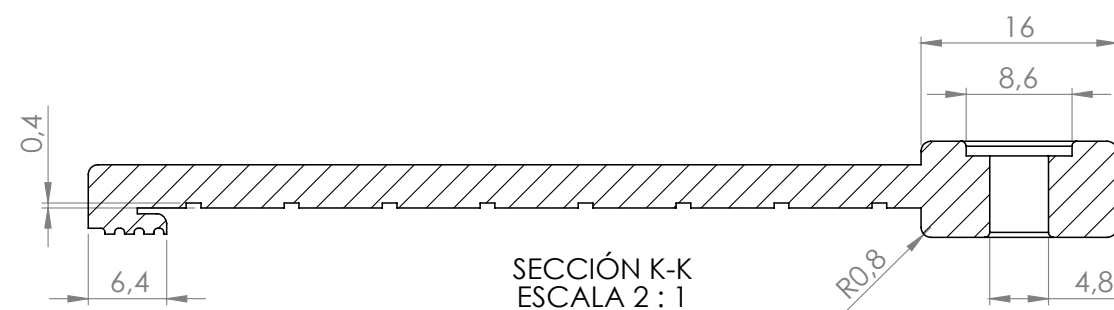
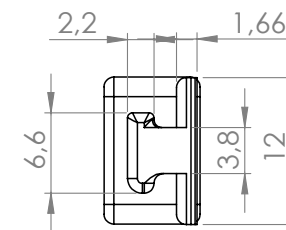
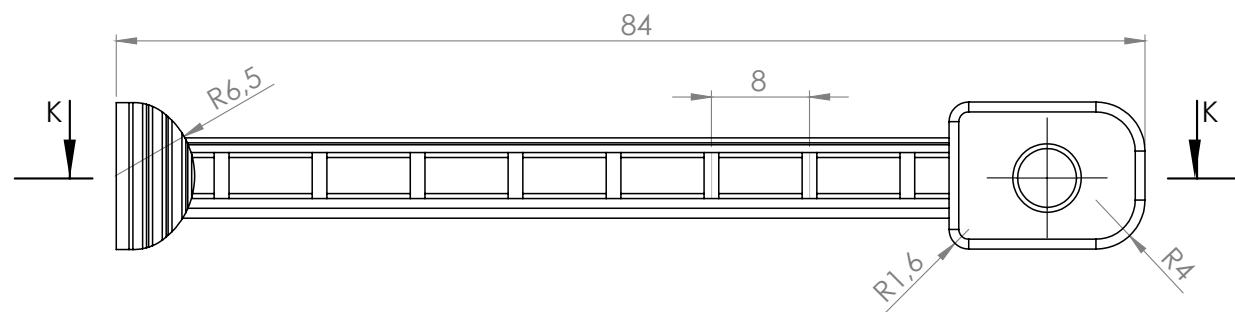


SECCIÓN G-G  
ESCALA 2 : 1

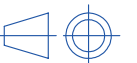


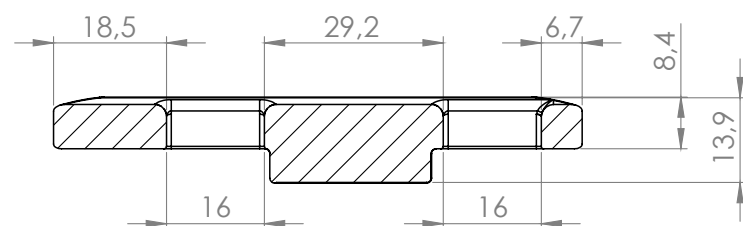
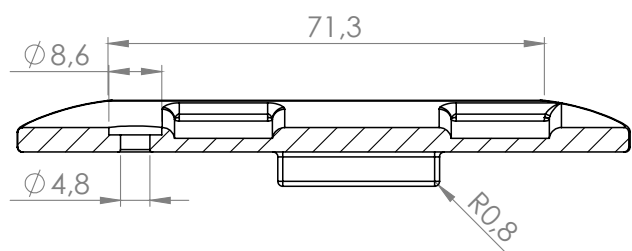
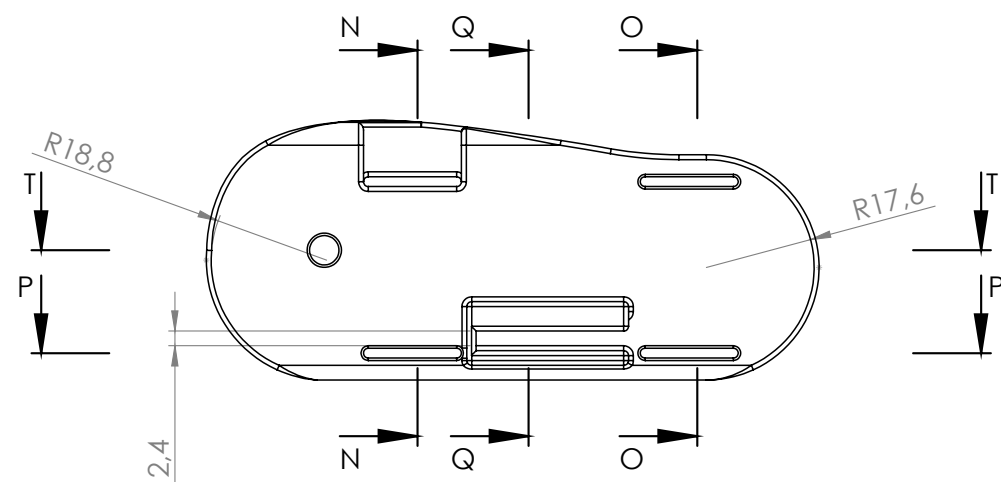
### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

Pieza 7	Basculante Exterior Izq	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 1:2	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir con la cara inferior de la pieza sobre la cama.				7 / 13
				10/11/2016

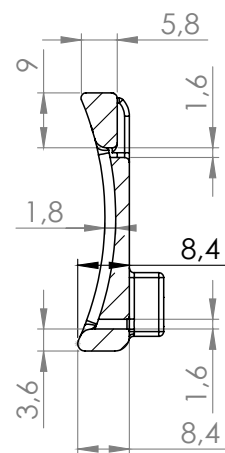
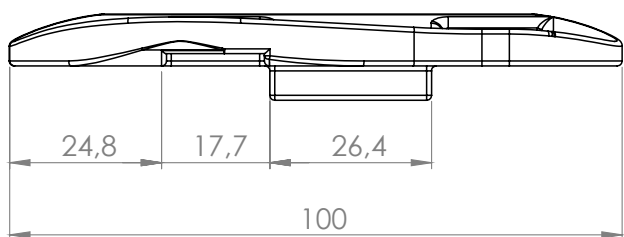


### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

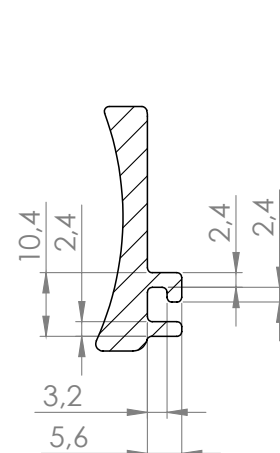
Pieza 8	Basculante Interior Izq	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 1:2	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir con la cara inferior de la pieza sobre la cama.				8 / 13
				10/11/2016



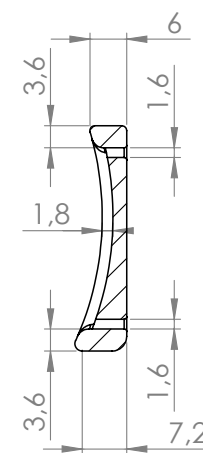
SECCIÓN T-T  
ESCALA 1 : 1



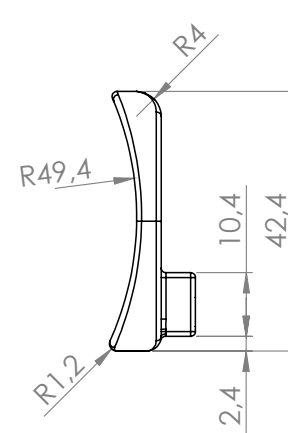
SECCIÓN N-N  
ESCALA 1 : 1



SECCIÓN Q-Q  
ESCALA 1 : 1



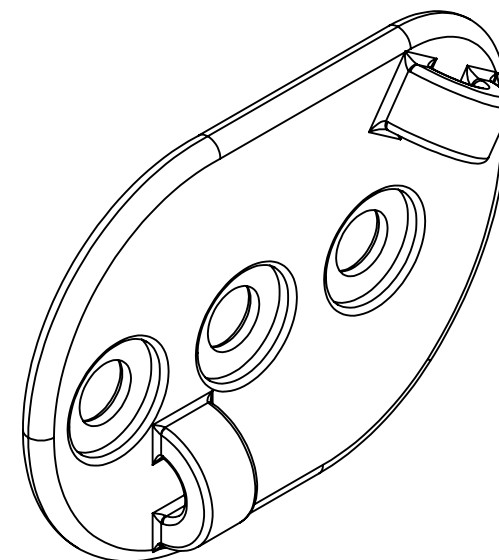
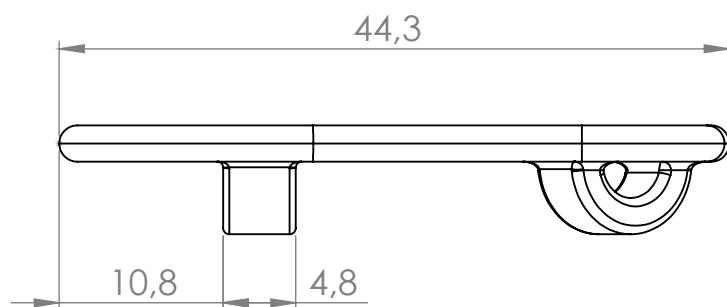
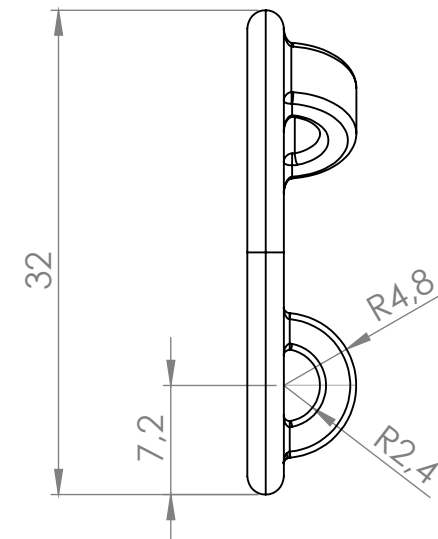
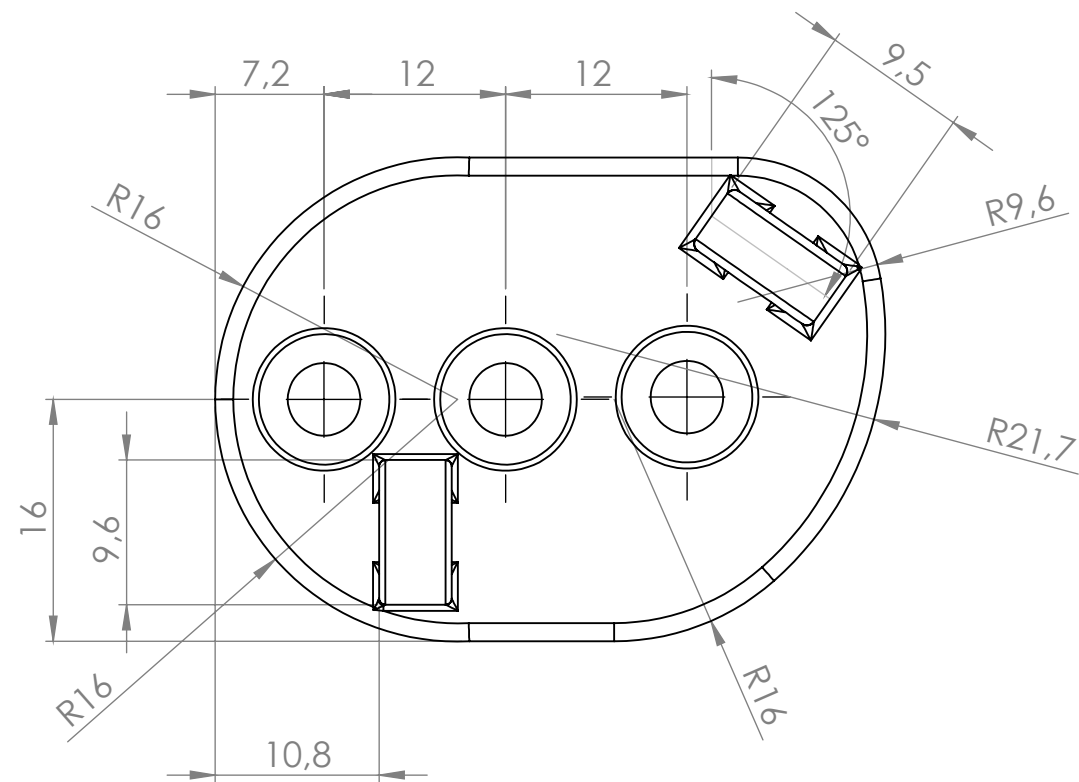
SECCIÓN O-O  
ESCALA 1 : 1

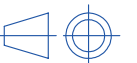


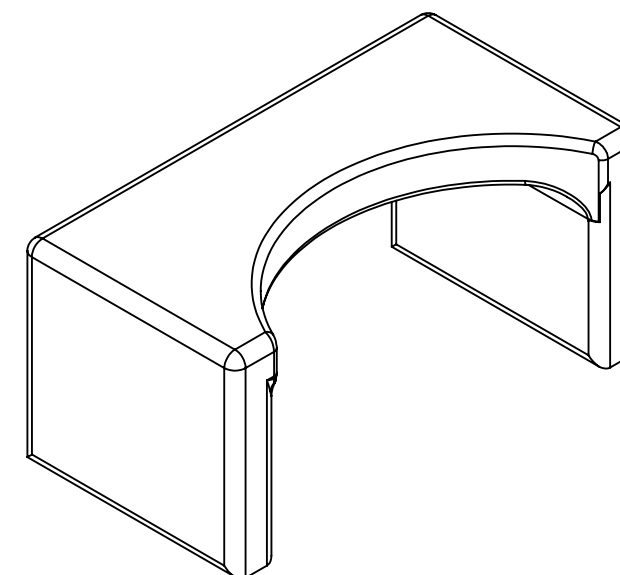
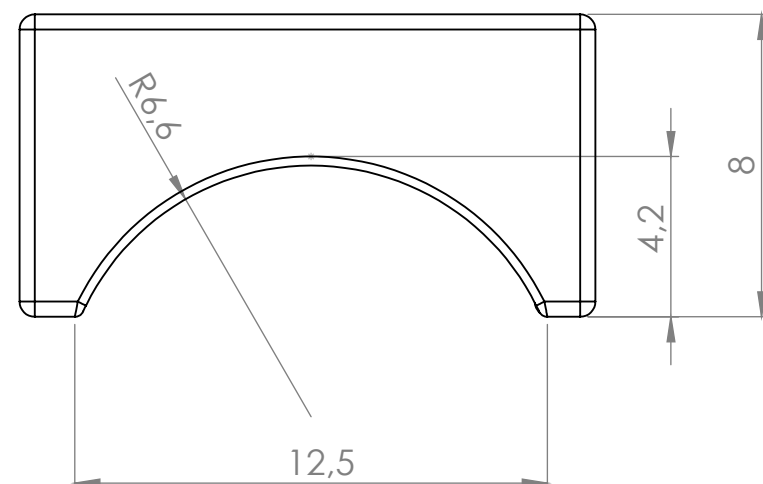
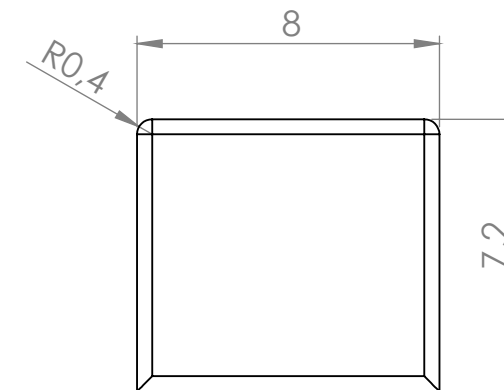
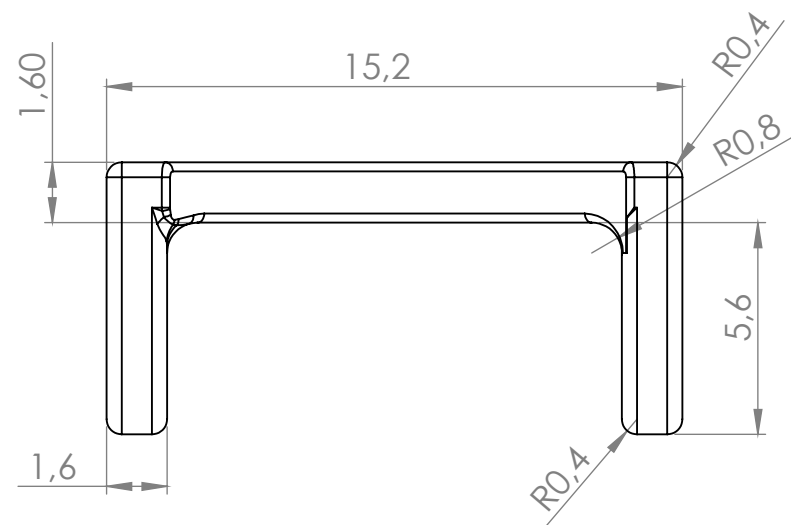
### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

Pieza 9	Soporte Antebrazo	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 2:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir de forma vertical				10/11/2016




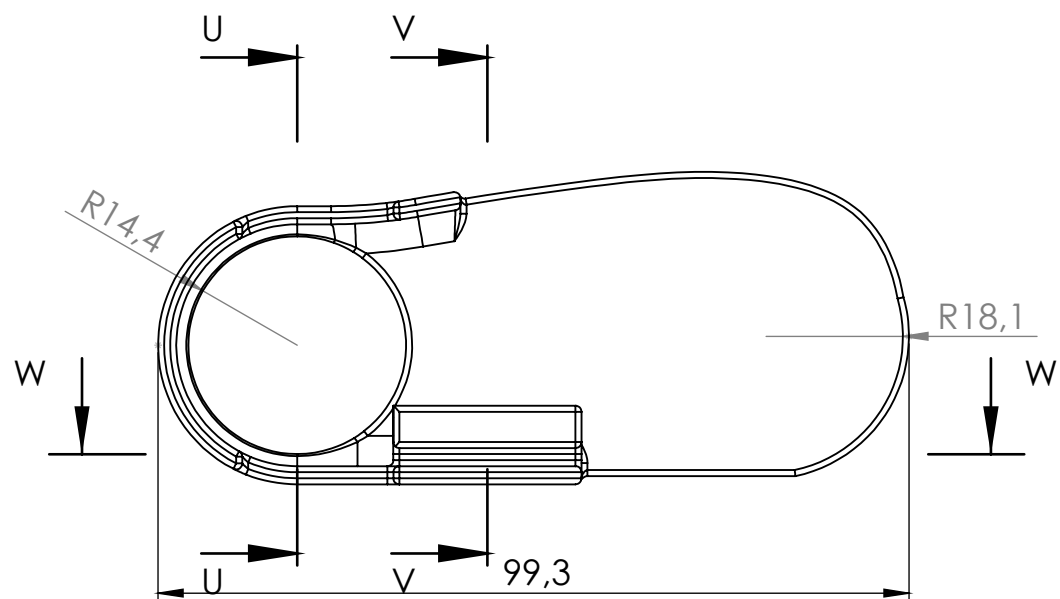


Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo				
Pieza 10	Central	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 2:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir de forma vertical				10 / 13
				10/11/2016

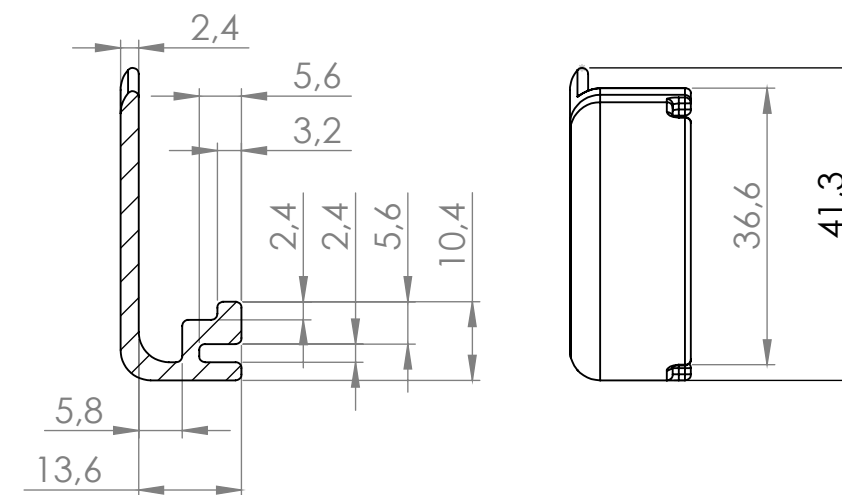
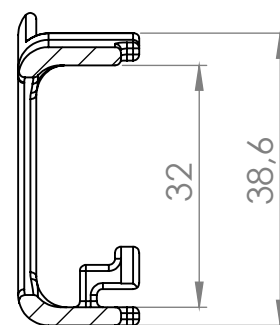


### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

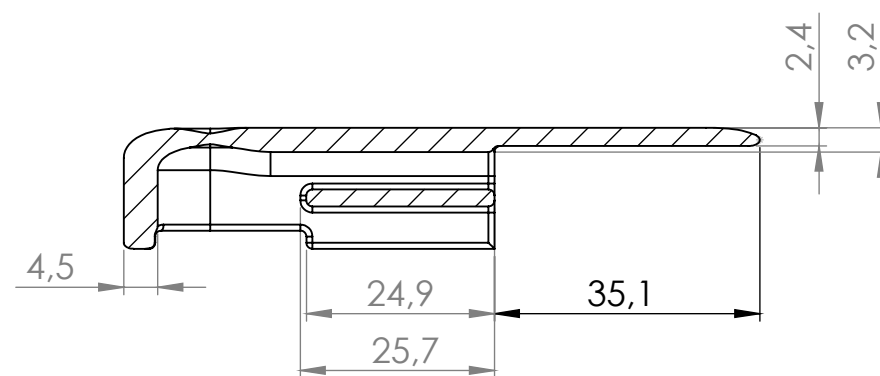
Pieza 11	Tope Basculante	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 5:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir de forma vertical				11 / 13
				10/11/2016



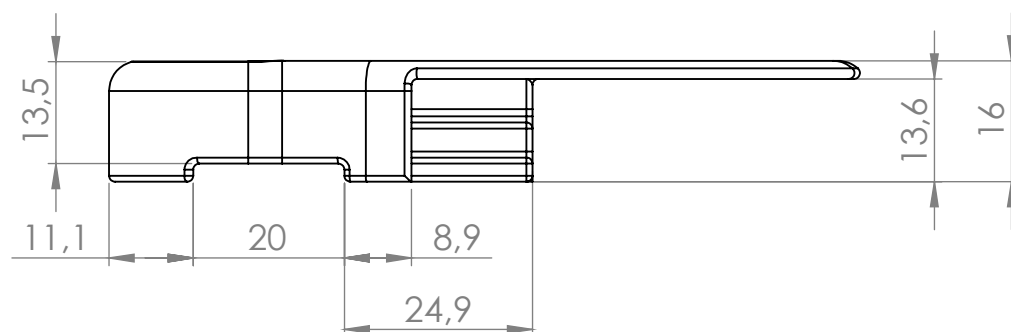
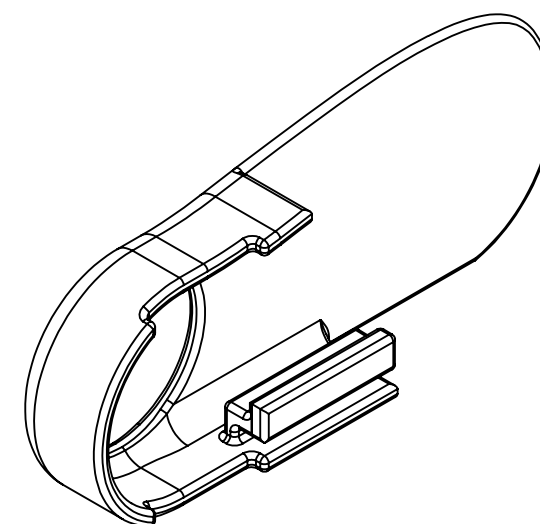
SECCIÓN U-U



SECCIÓN V-V



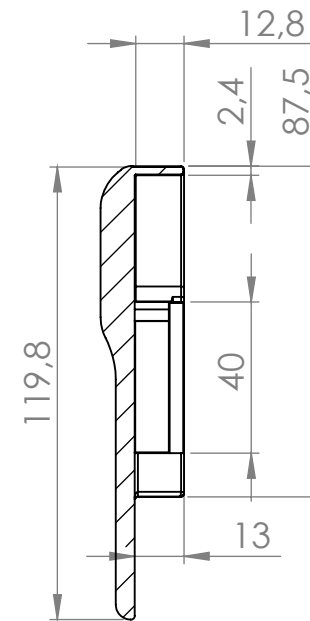
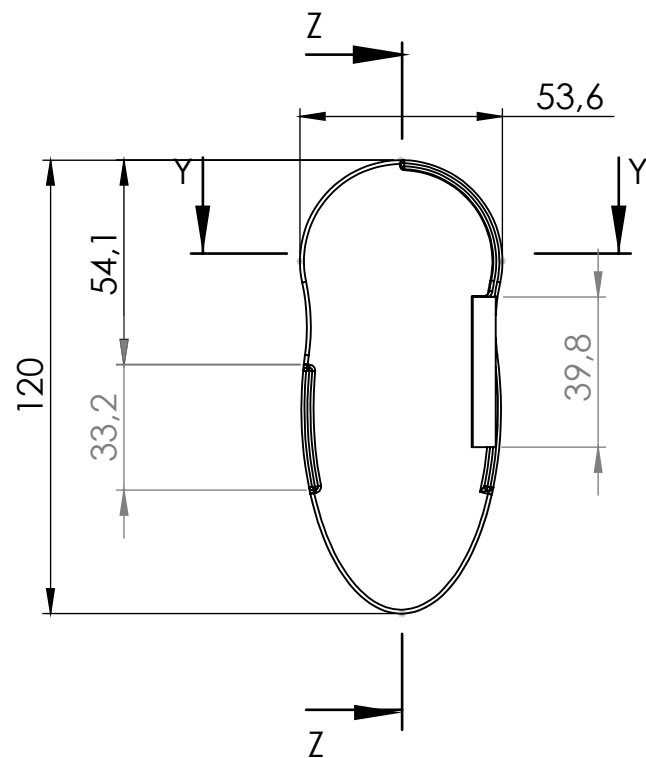
SECCIÓN W-W



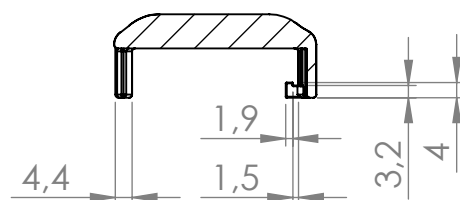
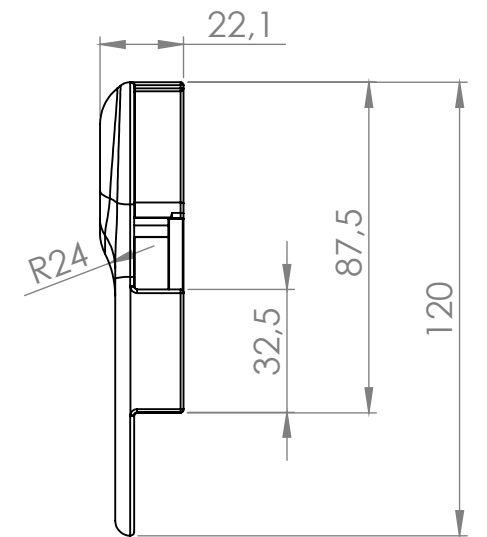
### Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo

Pieza 12	Cobertor Antebrazo	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 1:1	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir de forma horizontal				10/11/2016

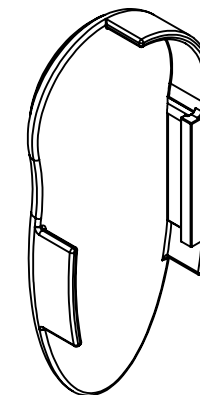
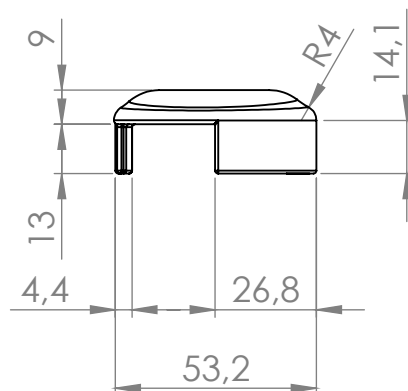





SECCIÓN Z-Z  
ESCALA 1 : 2



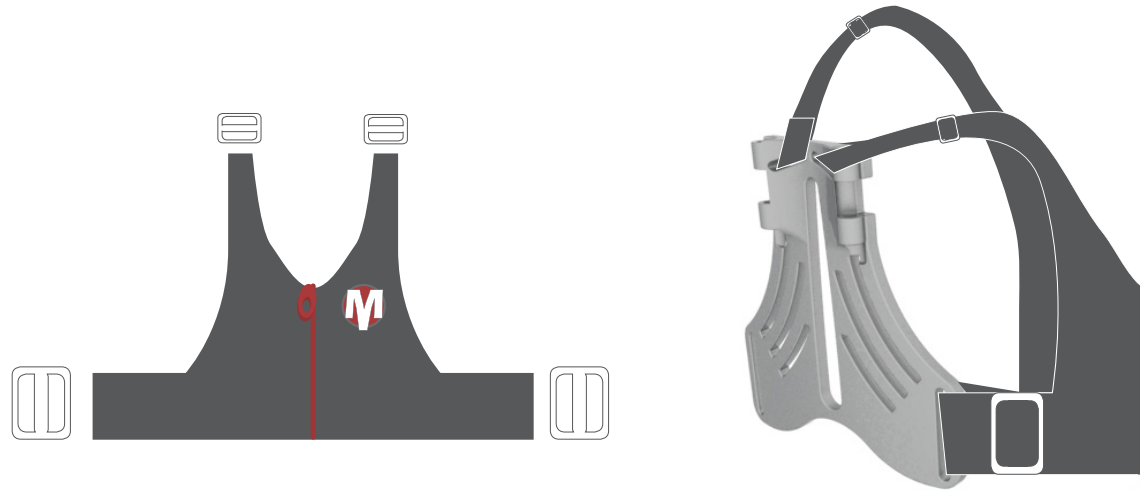
SECCIÓN Y-Y  
ESCALA 1 : 2



Órtesis activa dinámica para la movilidad de brazo y antebrazo				
Pieza 12	Soporte Brazo	1 Unidad	PLA	Sistema
Eugenia Fernández Garza		201222481	Escala 1:2	
Vanessa Aguilar Castillo		201214303	Milímetros	
Observaciones: Imprimir de forma horizontal				10/11/2016

# Ensamblaje del producto

\* El proceso de ensamblaje se realiza de la misma forma para el brazo derecho o izquierdo, en el caso de requerir su uso en ambos brazos, se deben repetir los pasos del 3 al 18.

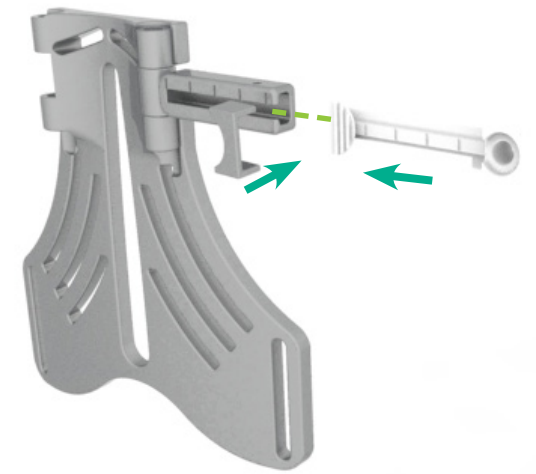


1. Se une el **Peto Rígido** con el **Peto Textil**, introduciendo las piezas de ajuste en cada tirante.

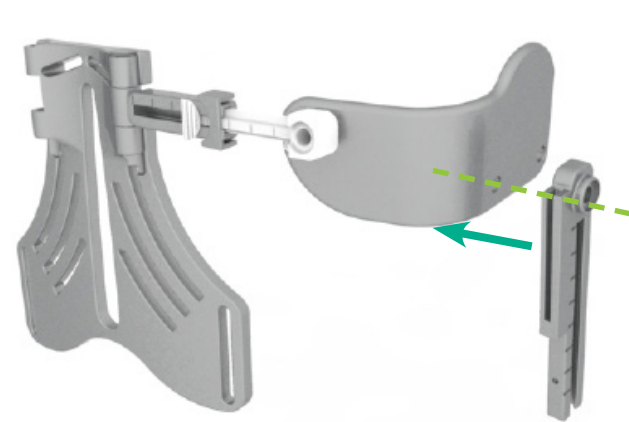
2. Se realiza la costura de cada tirante, para mantener unidos ambos componentes Peto rígido y textil).



3. Se une el **Peto Rígido** con la **Bisagra Posterior Externa**, por medio del **Tornillo Roscado Tipo C**.



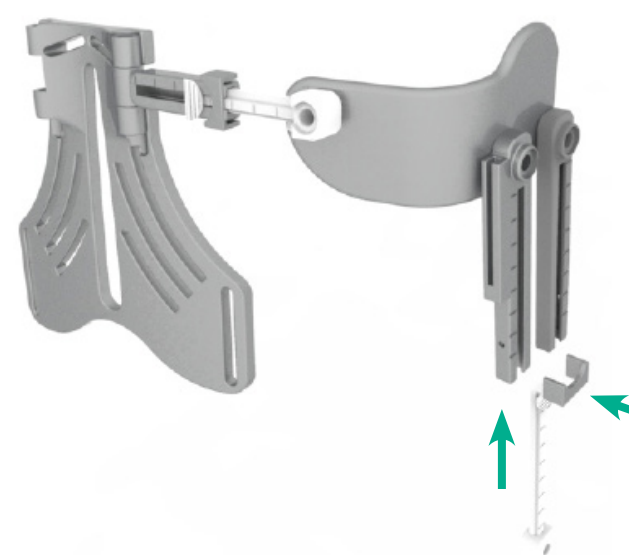
4. Se introduce la **Bisagra Posterior Interna** dentro de la **Bisagra Posterior Externa**, y se une mediante pegamento el **Tope**.



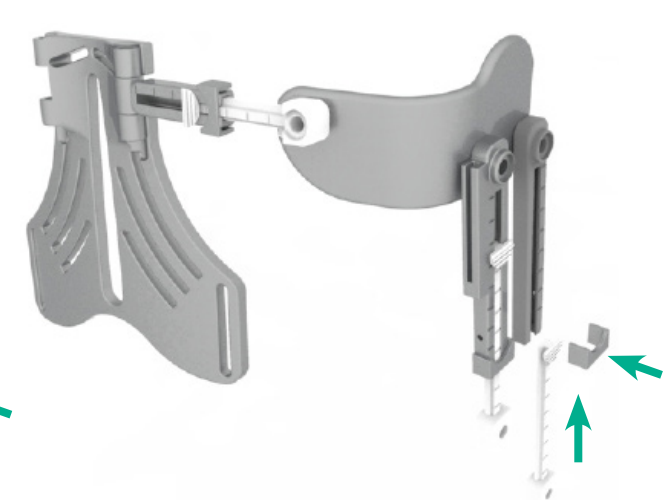
5. Se une la **Pieza Escápula** con la **Basculante Exterior Derecha**, mediante el **Tornillo Roscado tipo A**.



6. Se une la **Pieza Escápula** con la **Basculante Exterior Izquierda**, mediante el **Tornillo Roscado tipo A**.



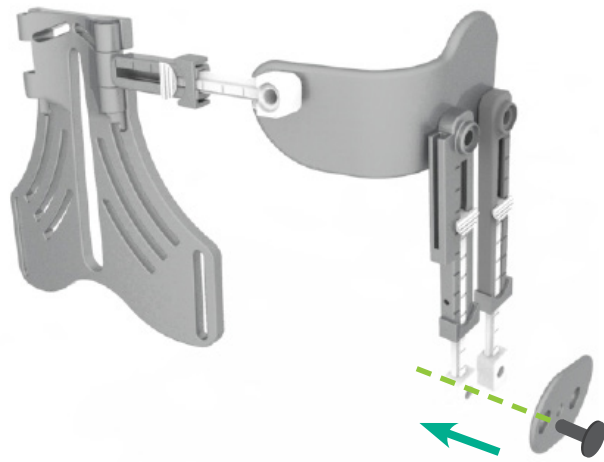
7. Se introduce la **Basculante Interior Derecha** en la **Basculante Exterior Derecha**, y se une mediante pegamento el **Tope**.



8. Se introduce la **Basculante Interior Izquierda** en la **Basculante Exterior Izquierda**, y se une mediante pegamento el **Tope**.

Figura 170. Ensamble parte 1.

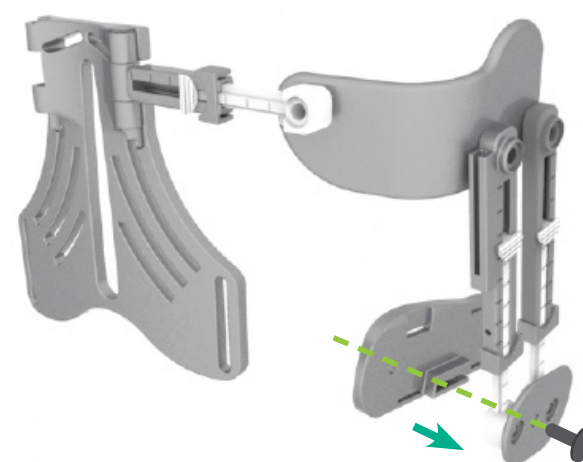
# Ensamblaje del producto



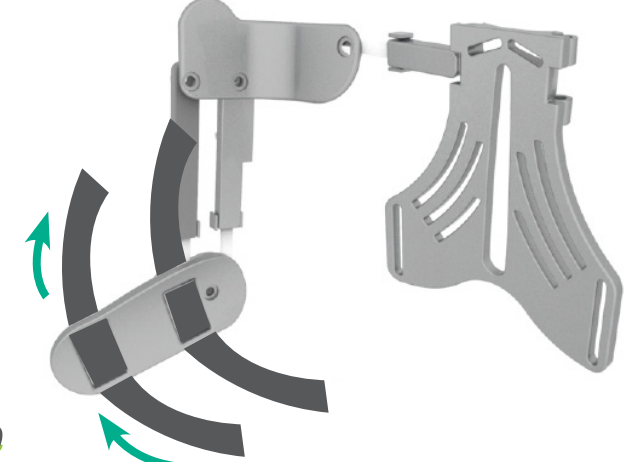
9. Se une la **Basculante Interior Derecha** a la **Central** mediante el **Tornillo Roscado Tipo A**.



10. Se une la **Basculante Interior Izquierda** a la **Central** mediante el **Tornillo Roscado Tipo A**.



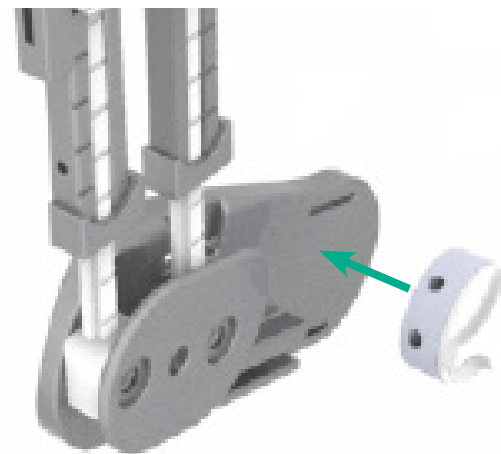
11. Se une la **Central** al **Soporte de Brazo** mediante el **Tornillo Roscado Tipo B**.



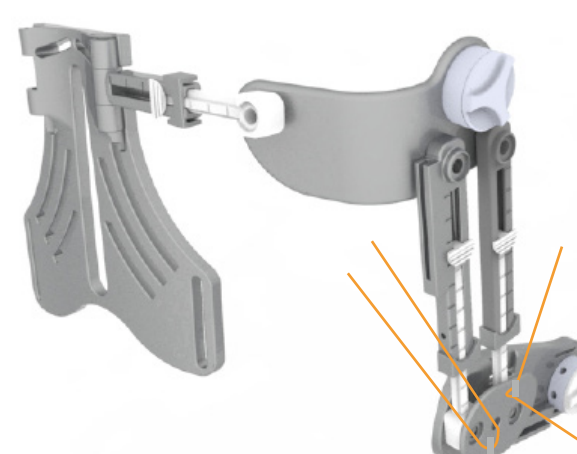
12. Se introducen ambos **Tirantes Flexibles** dentro del **Soporte de Antebrazo**.



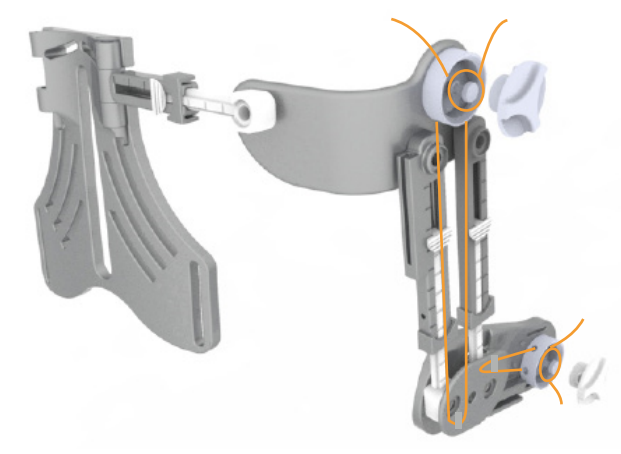
13. Se une mediante pegamento el **Boa Closure System** con la **Pieza Escápula**.



14. Se une mediante pegamento el **Boa Closure System** con el **Soporte de Antebrazo**.



15. Se introducen los **Cable Flexibles** dentro de la pieza **Central**.

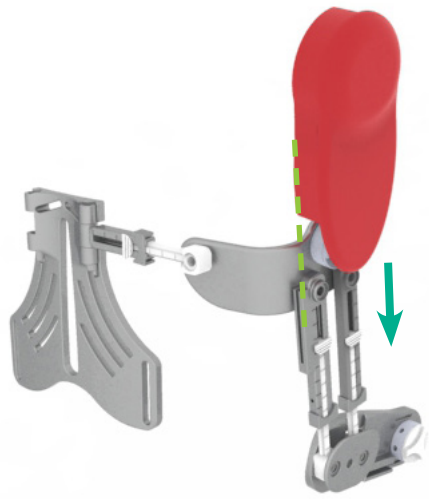


16. Se introducen los **Cable Flexibles** dentro de ambos **Boa Closure Systems** y se ajusta para su dimensión neutro.

Figura 171. Ensamble parte 2.



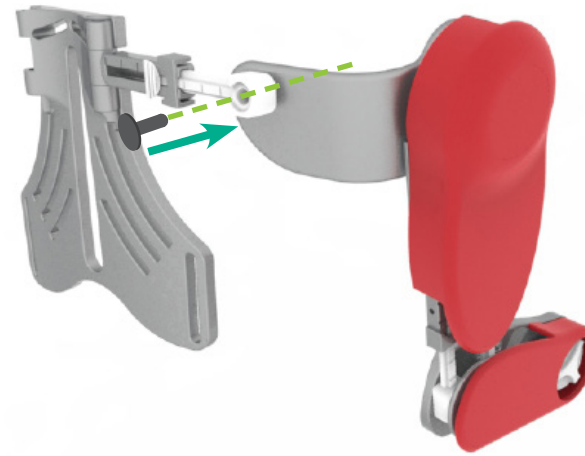
# Ensamblaje del producto



17. Se coloca el **Cobertor de Brazo**, deslizándolo a través de la **Basculante Exterior Derecha**.



18. Se coloca el **Cobertor de Antebrazo**, deslizándolo a través del **Soporte de Antebrazo**.



19. Se une la **Bisagra Posterior Interna** con los **Componentes del Brazo y Antebrazo**, para la entrega del producto.

Figura 172. Ensamble parte 3.

# Costos

Como parte de nuestros objetivos tenía relación con el presupuesto para realizar una órtesis, se sacarán los costos que se tienen al realizar un modelo de este, a continuación el desglose.

# Costos

## Tabla de costos por unidad

Con el fin de conocer los costos del producto, se realizaron cotizaciones de cada parte del producto, el cual se desglosa a continuación, los precios son en colones:

Número de pieza	Nombre	Cantidad por solo un brazo	Cantidad por ambos brazos	Precio por unidad ( ¢ )	Precio por un solo brazo ( ¢ )	Precio por ambos brazos ( ¢ )
1	Peto	1	1	32.900	32.900	32.900
2	Bisagra afuera	1	2	750	750	1.500
3	Bisagra adentro	1	2	600	600	1.200
4	Escápula	1	2	3.700	3.700	7.400
5	Cobertor brazo	1	2	9.300	9.300	18.600
6	Basculante ext atrás	1	2	1.400	1.400	2.800
7	Basculante int atrás	1	2	750	750	1.500
8	Basculante ext adelante	1	1	1.100	1.100	2.200
9	Basculante int adelante	1	2	756	756	1512
10	Tope basculantes	2	4	35	70	140
11	Tope bisagra	1	2	75	75	150
12	Central	1	2	1.065	1.065	2.130
13	Soporte Antebrazo	1	2	5.240	5.240	10.840
14	Cobertor Antebrazo	1	2	4.950	4.950	9.900
15	Hebillas alto	2	4	60	120	240
16	Hebillas ancho	2	4	62	124	248
17	Peto textil	1	1	10.000	10.000	10.000
18	Tornillos corto	5	10	250	1250	2500
19	Tornillo largo	1	2	200	200	400
20	Elemento elástico	2	4	1.500	3.000	6.000
21	Ajuste antebrazo	2	4	500	1.000	2.000
22	Boa	2	4	16.000	36.000	72.000
				Total =	¢114.350	¢185.800

Figura 173. Cuadro: Costos.

Dichos costos si cumplen con el monto establecido por la C.C.S.S por el concepto de órtesis al tercio y corset toracolumbar ya que para un brazo estipula alrededor de ¢ 120.570 y para ambos ¢ 203.655. Además según el análisis de lo existente, el costo de productos similares anda desde los ¢ 27.000 hasta los ¢ 2.340.000 por lo cual este precio si se encuentra entre el rango razonable de precio.



# Proceso de manufactura

## Flujograma

Para determinar el proceso de producción del dispositivo se plantea el flujograma del proceso de producción:

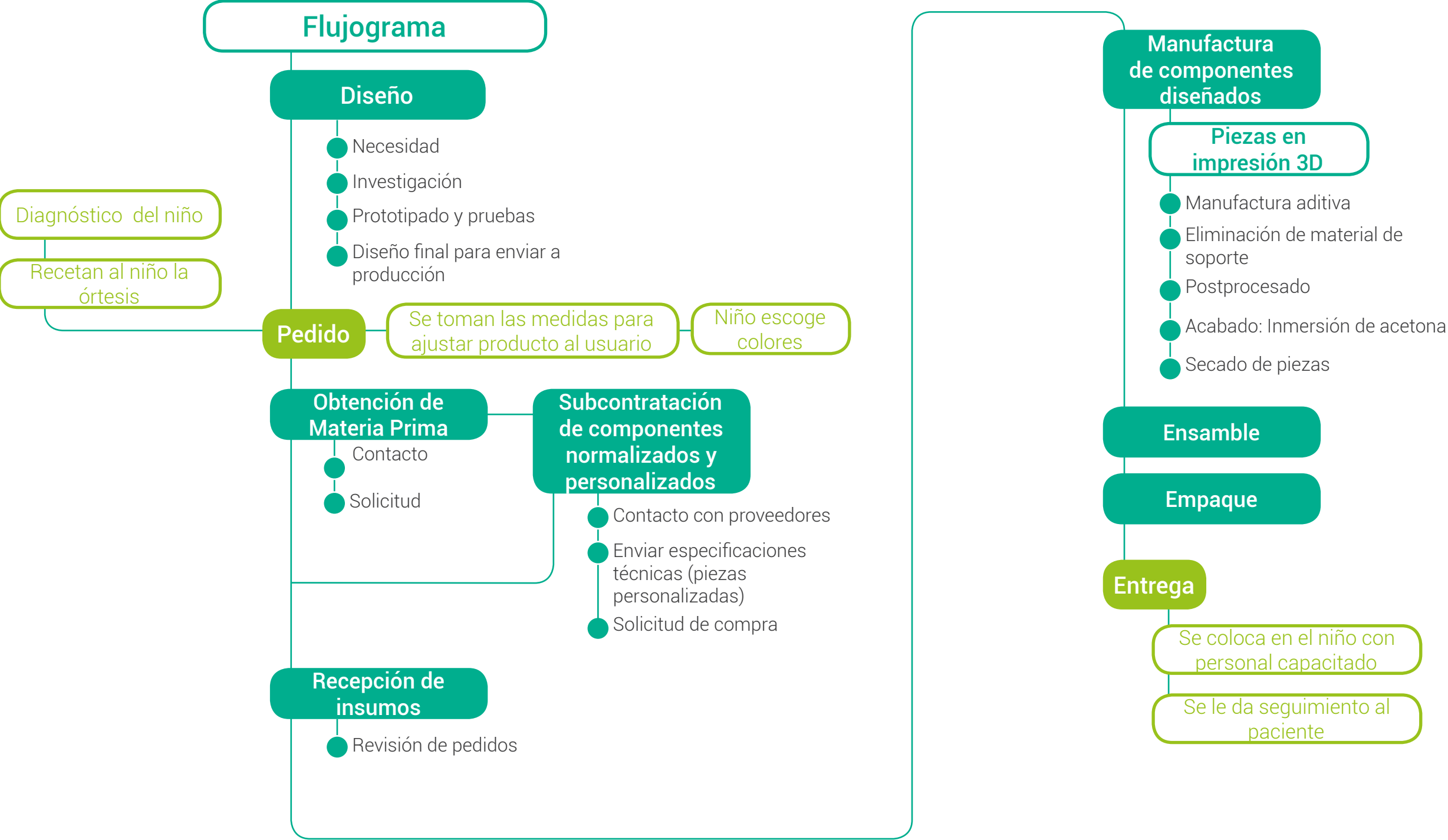


Figura 174. Flujograma.

## Aportes del proyecto

Se destacarán los principales aportes del proyecto para la empresa, la sociedad, la cultura, la parte económica, ambientalmente y con respecto a la optimización del proceso

# Aportes

## A la empresa

La empresa Avant Biomedical se ve beneficiada con el proyecto, debido a que se tiene un producto nuevo en desarrollo, que puede convertirse en un producto terminado que se ofrezca al mercado, que contribuye con la economía de la empresa. Además, la empresa realiza así un aporte social, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de cien pacientes por año en el país.

La CCSS por su parte, se beneficiada debido a que ahora se podrá tratar a pacientes con padecimientos en los que antes no era posible aportar. Es así como una institución de ayuda social, ve reflejada su función expandiendo las opciones de tratamiento a 11 enfermedades más. Ahora se podrá tratar a pacientes, en su mayoría de bajos recursos, con el presupuesto destinado por la institución para tal fin. Esto ayuda a evitar incrementar los gastos de la CCSS y asimismo da un aporte social a familias que de otro modo no tendrían la oportunidad de tratamiento.

## Social

El mayor aporte del proyecto se da en el área social, esto debido a que al ser un producto ortopédico, su principal función es la de mejorar la calidad de vida de pacientes. Es así como el proyecto aporta en el área social, ya que su función principal es contribuir a que la niñez costarricense cuente con un nuevo tratamiento para los niños cuyas enfermedades limiten la movilidad de sus brazos.

Además, el proyecto fue realizado de la mano de un especialista de la CCSS, con el fin de que esta institución pueda dar solución a estos padecimientos, cumpliendo así con los principios de solidaridad, igualdad de oportunidades, equidad, y subsidiaridad de la institución. Permitiéndole incluso aquellas personas de bajos recursos económicos, que tengan acceso a un tratamiento digno de su enfermedad.

## Cultural

A partir del uso del diseño emocional dentro del proyecto, el paciente receptor de la órtesis tendrá una mayor aceptación dentro de su ambiente inmediato. Esto debido a que las personas que le rodean podrán tener un

proceso de aceptación a través de la perceptualidad del producto, que intenta cambiar la idea aburrida de un producto ortopédico y la sustituye con una connotación de superhéroe. Además, los niños que le rodean podrán incluirse dentro del proceso, explicándoles la situación a través de la cuál pasa el paciente.

## Económico

Uno de los objetivos específicos del proyecto fue el de reducir el costo del producto con el fin de que se mantuviera dentro de los rangos establecidos por la CCSS, esto debido a que los subsidios dados por dicha institución en ocasiones son insuficientes para cubrir el tratamiento de un paciente, o en otros casos, resulta un gasto demasiado elevado para la caja. El proyecto aporta en ambos casos, esto porque permite reducir el gasto ejecutado por la caja para brindar tratamientos y al mismo tiempo, esto facilita que el paciente reciba un subsidio, para que reciba la órtesis. Un paciente de bajos recursos tendrá el mismo acceso a oportunidades.

## Ambiental

El producto tomó en cuenta factores ambientales durante su desarrollo, por ejemplo, la contaminación producida por el material y el uso de un proceso de manufactura eficiente. Es así como se determinó el PLA como un material más amigable con el ambiente que otros polímeros, tales como el PVC, etc. Además, el proceso de impresión 3D, permite la reutilización de los materiales de soporte, esto con el fin de reducir al máximo la contaminación producida. Sin embargo, es recomendable en futuras etapas evaluar la parte ambiental.

## Optimización de procesos

Debido a que el proyecto es de producción nacional, se optimiza el proceso de producción tanto de la empresa como de la CCSS, ya que se tiene un acceso rápido a las materias primas, lo que agiliza el proceso de entrega del producto, y además se apoyan economías locales de producción a baja escala.



# Conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones y recomendaciones se exponen en el siguiente apartado

# Conclusiones

A lo largo del desarrollo del proyecto se determinaron conclusiones que permitieron la realización modificaciones y mejoras al diseño planteado. Al finalizar la primera etapa de diseño, se concluye:

A partir de la problemática trabajada, se determina que la Caja Costarricense del Seguro Social no cuenta con las condiciones y el tratamiento ortopédico necesario para el tratamiento de enfermedades que limitan la movilidad de niños en brazos, por lo que se espera que la propuesta planteada en el presente informe contribuya a solucionar esta situación con una respuesta pronta y certera y que al mismo tiempo permita el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la caja.

El proceso de diseño de dispositivos médicos y ortopédicos requiere del cumplimiento de etapas predeterminadas, con el fin de obtener un producto terminado para su venta en el mercado. En el presente proyecto se llevó a cabo la etapa de planteamiento de la propuesta, validación teórica y se realizaron las primeras pruebas físicas con niños sanos para la validación de la antropometría del usuario. Sin embargo, la ejecución total del proyecto requiere de las siguientes etapas posteriores: Pruebas mecánicas del material, pruebas funcionales del producto, pruebas biomecánicas y antropométricas con pacientes, estudios de factibilidad del proyecto, validación médica del producto, validación legal del sistema, entre otras.

Se determinó que el paciente, usuario final de la órtesis, en la mayoría de casos sufre de otros padecimientos físicos en su cuerpo, por lo que ha recibido atención médica a lo largo de su vida. Es por ello que presentan un trauma psicológico y aversión hacia cualquier dispositivo ortopédico que se les coloque.

Se determina que el producto planteado en el presente informe, se encuentra dentro de los rubros económicos que destina la CCSS para la fabricación de un producto ortopédico. Esto debido a que el modelo construido para esta primera etapa, cumple con el valor estipulado, por lo que un producto con procesos optimizados y producción en serie, cumplirá aún más con dicho requisito.

Se concluye que un 90% del producto diseñado es de fabricación nacional, esto debido a que los procesos productivos determinados para su fabricación, así como las empresas proveedoras de la materia prima, se desenvuelven en Costa Rica y son accesible para la CCSS y la empresa Avant Biomedical. El 10% restante corresponde a las partes del producto que son importadas de Estados Unidos como productos estandarizados y que son empleado dentro del producto.

El producto es de fácil uso tanto para el cuidador como para el paciente, esto debido a que el dispositivo es fácil de quitar y poner, presentando mecanismos que son familiares y que permiten agilizar el proceso de instalación. Además, el padre puede regular las angulaciones de brazo y antebrazo, al manipular únicamente una palanca para cada una de las partes, esto contribuye a evitar confusiones sobre la función del mecanismo. Respecto al paciente, el producto le permite al niño realizar las tareas inicialmente planteadas, por lo que mejorará la satisfacción personal. Además, los materiales del producto, tanto los rígidos como los textiles, contemplan la limpieza y la seguridad del niño durante el proceso de uso.

En Costa Rica los procesos de manufactura son limitados, ya que la industria cuenta con la tecnología, sin embargo esta solo se utiliza para la producción de sus propios productos. Por lo que no se encuentran empresas que brinden servicios profesionales para la utilización de esas tecnologías como lo es el termoformado, una de las tecnologías que se consideró para la producción de la órtesis.

# Recomendaciones

Debido a las conclusiones obtenidas de la realización del proyecto, se determina una serie de recomendaciones que deben ser seguidas con el fin de generar mejoras y aportes significativos al planteamiento realizado hasta el momento, y con el fin de lanzar el producto al mercado:

1. Se recomienda retomar la escogencia del material, con el fin de realizar pruebas mecánicas de resistencia y de biocompatibilidad dirigidos a las características propias del producto.
2. Es recomendado que la Caja Costarricense del Seguro Social, ejecute un estudio de factibilidad económica del proyecto, con el fin de optimizar los procesos de manufactura de forma que se adapten al 100% a sus alcances, y con el fin de plantear posibles inversiones futuras, o alianzas estratégicas con el sector privado.
3. Se recomienda a la empresa Avant Biomedical realizar igualmente un estudio de factibilidad del proyecto, con el fin de determinar los siguientes pasos en el desarrollo del producto y la posibilidad de inversión en maquinaria, para así validarlo a nivel legal, y poder ofrecerlo como un producto comercial.
4. Se recomienda realizar un proceso conjunto y acompañado entre especialistas de diversas áreas: fisiatras, fisioterapeutas, diseñadores, psicólogos, técnicos en maquinaria, entre otros; con el fin validar a nivel antropométrico y biomecánico el producto desarrollado y plantear las mejoras necesarias, obteniéndose así un producto terminado.
5. Se recomienda realizar un acompañamiento psicológico para el paciente y sus padres, con el fin de generar una respuesta certera hacia el producto, y con un proceso de adaptación positiva al dispositivo ortopédico, tanto al inicio, como durante el proceso de uso.
6. Se recomienda realizar un estudio de Optimización de procesos de Manufactura, con el fin de extender las posibilidades de procesos de manufactura del producto, y así disminuir los costos de producto.
7. Se recomienda la realización de Pruebas en el área del Diseño emocional, en el que se valide el cuento planteado en el proyecto, así como los aspectos emocionales del diseño.
8. Se recomienda realizar mediciones antropométricas de la población de niños en Costa Rica, ya que se encontró que hay variaciones importantes respecto a las tablas antropométricas existentes



# Bibliografía

---

# Bibliografía

Arias, C. (2010). Sensación, significado y aplicación del color. Chile: LFNT.

Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (Segunda Edición, de 2007). Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana : México, Cuba, Colombia, Chile. Obtenido de Universidad de Guadalajara, Centro de Investigaciones en Ergonomía: [https://www.researchgate.net/publication/31722433\\_Dimensiones\\_antropometricas\\_de\\_la\\_poblacion\\_latinoamericana\\_Mexico\\_Cuba\\_Colombia\\_Chile\\_R\\_Avila\\_Chaurand\\_LR\\_Prado\\_Leon\\_EL\\_Gonzalez\\_Munoz](https://www.researchgate.net/publication/31722433_Dimensiones_antropometricas_de_la_poblacion_latinoamericana_Mexico_Cuba_Colombia_Chile_R_Avila_Chaurand_LR_Prado_Leon_EL_Gonzalez_Munoz)

Departamento de Registros y Estadísticas de Salud, H. N. (9 de Agosto de 2016). Registro de Egreso de Pacientes con Hipotonía, y Trastornos de la Médula Espinal. (R. Vargas, E. Fernández, & V. Aguilar, Entrevistadores)

Espinoza, S. (24 de Agosto de 2016). Recomendaciones Fisioterapeúticas y Análisis de Movimiento. (V. Aguilar Castillo, F. Garza, & Eugenia, Entrevistadores)

Health Canada. (2012). Industry Guide to Health Canada's Safety Requirements for Children's Toys and Related Products. Obtenido de Industry Guide to Health Canada's Safety Requirements for Children's Toys and Related Products: <http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pubs/indust/toys-jouets/index-eng.php>

Hewitt, P. G. (2007). Física Conceptual (10ª Edición). México : Pearson.

Lefteri, C. (2008). Así se hace. Técnicas de fabricación para diseño de productos. Barcelona: Blume.

Lueder, R., & Berg Rice, V. J. (2008). Ergonomics for Children. Designing products and places for toddlers to teens. New York: Taylor & Francis Group.

Mandal, A. (18 de junio de 2012). Síntomas de la Hipotonía. Obtenido de Life, sciences & medicine: [http://www.news-medical.net/health/Symptoms-of-hypotonia-\(Spanish\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Symptoms-of-hypotonia-(Spanish).aspx)

Palastanga, N., Field, D., & Soames, R. (2000). Anatomía y movimiento humano, estructura y funcionamiento. Madrid, España: Editorial Paidotribo.

Quesada, A. (20 de Agosto de 2016). Desarrollo de Prótesis con Electromiografía. (V. Aguilar Castillo, Entrevistador)

Quesada, G. (4 de Noviembre de 2016). Textiles aptos para el peto. (E. Fernández, Entrevistador)

Quinlivan, R. (Setiembre de 2009). Distrofia muscular tipo Becker. Obtenido de Orphanet.

Ramos Ramos, M. C. (30 de Octubre de 2013). Desarrollo Motor en el Preescolar (2 a 5 años). Obtenido de Hitos del Desarrollo Psicomotor entre los 2 y los 5 años: <http://www.familiaysalud.es/crecemos/el-preescolar-2-5-anos/development-psicomotor-en-el-preescolar-2-5-anos>

Rodríguez, E. (10 de Setiembre de 2016). Sicopedagogía en el Diseño Emocional. (E. Garza Fernández, Entrevistador)

Saucedo Segura, A., & Quiroz Ávila, M. L. (02 de Febrero de 2011). Psicología del Desarrollo Humano II: Desarrollo físico en la niñez media. Obtenido de Cuadro "Motricidad Fina y Motricidad Gruesa": <https://es.scribd.com/doc/48048166/motricidad-fina-y-gruesa-Cuadro>

Taboadela, C. H. (2007). Goniometría. Una herramienta para la evaluación de las Incapacidades laborales. Buenos Aires: Asociart sa art. ©.

Torres Martínez, Pol David. Diseño de Ortoprótisis para mano. Tesis para optar por el título de Ingeniería en Mecatrónica. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. 233 páginas.

Vargas, R. (2016). Recomendaciones del Médico Fisiatra. (V. Aguilar Castillo, & E. Fernández Garza, Entrevistadores)

**Anexos**





# Sondeo

Nombre:

Género: M ( ) F ( )

Edad: 3 años ( ) 4 años ( ) 5 años ( ) 6 años ( )

1- ¿Cuál es su fábula preferida? / ¿Qué le gusta de esa fábula? ¿Qué le llama la atención? ¿Por qué le gusta? ¿De qué trata? ¿Cuáles son los personajes?



2- ¿Cuál es su película preferida? / ¿Qué le gusta de esa película? ¿Qué le llama la atención? ¿Por qué le gusta? ¿De qué trata? ¿Cuáles son los personajes?



3 - ¿Qué súper poder le gustaría tener en los brazos? / ¿Por qué ese? ¿Qué pensaría sus compañeros si tuviera ese poder? ¿Cómo se vería ese poder?

- ( ) Mucha fuerza  
( ) Brazos rápidos  
( ) Otro: \_\_\_\_\_

4 - ¿Qué color le gusta más? ( ) Azul ( ) Rojo ( ) Amarillo ( ) Verde ( ) Morado

5 - ¿Qué superficie le gusta más? / ¿Le gustaría otras figuras?  
( ) Superficie lisa ( ) Superficie con rayas ( ) Superficie estampada

6 - ¿Qué superficie prefiere? ( ) Plástico con acabado metalizado ( ) Plástico con acabado estándar

7 - ¿Si tuviera que disfrazarse cual traje usaría? / ¿Por qué le escogió ese? ¿Se lo pondría todos los días? ¿Qué parte del disfraz le gusta más?

( ) Superhéroes ( ) Extraterrestre ( ) Humanos



8- Dibujar el traje de un súper héroe

# Solicitud - Sondeo Tiptec

Cartago, Costa Rica

14 de setiembre del 2016

A quien corresponda en el Taller Infantil Psicopedagógico del TEC, TIPTEC

Vanessa Aguilar y Eugenia Fernández, estudiantes de la carrera Ing. en Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica, nos encontramos realizando el proyecto de graduación con el tema de "Diseño de órtesis activa dinámica que permite la movilidad del brazo y antebrazo, en niños de 3 a 6 años" con la asesoría de la profesora Olga Sánchez Brenes.

Como parte de la investigación deseamos realizar una encuesta dirigida a niños o niñas de 3 a 6 años, con el fin de conocer su opinión para tomarla en cuenta en características estéticas del producto a diseñar. Por lo que presentamos la solicitud de aplicar dicha encuesta a niños de su institución.

Esperamos su colaboración,



---

Vanessa Aguilar, Estudiante  
vanessaaguilarcastillo@gmail.com



---

Eugenia Fernández, Estudiante  
fergar.eu@gmail.com



---

Olga Sánchez, Profesora Asesora

# Cuento



**El Nuevo Super Traje**

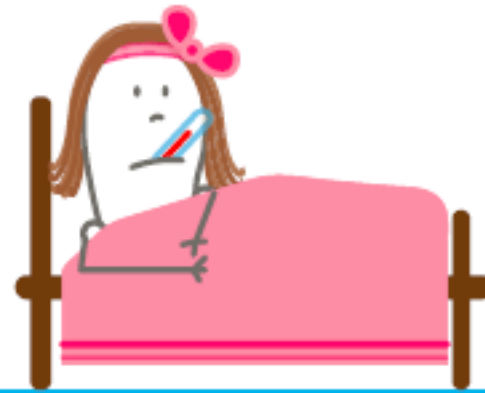




# Cuento



Iris es una gran superhéroe que tenía una gran poder en sus brazos para jugar con todos sus amigos y para hacer sus tareas.



Un día, Iris se sintió muy enferma, y muy pronto se dio cuenta que perdía su poder en los brazos, ahora no podía moverlos.



Iris estaba triste entonces sus amigos tuvieron una gran idea para animarla: construir un super traje para recuperar el poder en los brazos.



Iris se alegró y les daba ideas para el traje a sus amigos, que se encargaron de construirlo.



Apenas terminaron de construir el traje, sus amigos le colocaron el traje a Iris, y recupero su poder en los brazos.



Iris se sintió muy feliz y de ahora en adelante, con ayuda de sus amigos, usa su traje todos los días.

# Cuento

¿Quieres ponerte el super traje de Iris?

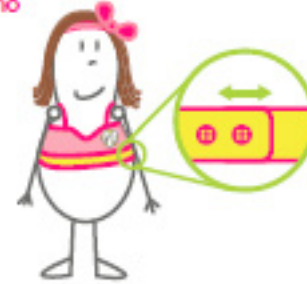
1. Pide ayuda a tus amigos o seres queridos



2. Coloca el chaleco primero



3. Hazlo de tu tamaño



4. Coloca el escudo en el brazo



5. Une el escudo con el chaleco



6. ¡Recupera tu poder!



# Entrevista Adrián Quesada

Con el fin de obtener mayor información respecto a productos existentes en el mercado y con el fin de conocer nuevos horizontes, en el área de la biomedicina se contacta a Adrián Quesada, creador del Proyecto Oportunidad que corresponde a una prótesis para personas con antebrazo amputado.

## 1. ¿Qué conocimientos previos tiene para desarrollar esta prótesis?

Estudios en ingeniería electrónica, además de conocimientos varios en impresión 3D, además de relacionarse con personas amputadas que no pueden adquirir una prótesis.

## 2. ¿Cómo funciona la prótesis?

Se realiza escaneo del miembro, se realiza la prótesis a la medida, el socket se ajusta a cada necesidad. Se colocan electrodos, para generar una señal adecuada del músculo, que proporciona posteriormente movimiento a los dedos por medio de motores.

## 3. ¿Cuáles movimientos permite realizar la prótesis?

Flexión y extensión de dedos, próximamente se extiende a codo.

## 4. ¿Cuál es el costo de construirla?

El costo de los servos es de \$80, sensor capacitivo \$5.

## 5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de utilizar electromiografía?

Permite realizar mayor cantidad de movimientos que una prótesis normal, solo el 12% de la población puede adquirir una prótesis mecánica con sus propios medios. Es un método exacto si se utiliza de forma adecuada. Da grandes ventajas respecto a las prótesis mecánicas. Se calibra en 15 minutos.

## 6. ¿Qué cuidados debe tener al utilizarla?

Los electrodos se calibran al usuario, deben calibrarse adecuadamente para que funcionen durante el uso. Limpiar la piel.

## 7. ¿Recomienda su uso en niños?

Para ser utilizada en niños es recomendable hacer un estudio previo, en el que se coloquen los electrodos y se hagan pruebas sobre los músculos, con el fin de determinar si la señal obtenida es suficiente para generar un efecto y un resultado.

A nivel de resultados, la correcta colocación del electrodo es necesaria, por lo que podría ser inadecuado utilizarla en niños, debido al nivel de actividad.

## 8. ¿Qué tanta actividad muscular debe tener la persona para poder utilizar electromiografía?

El sensor se calibra para cada músculo del cuerpo, por lo que la actividad o respuesta del músculo debe ser constante. Si no hay ningún tipo de respuesta, o esta es muy leve, esta señal no puede utilizarse.

## 9. ¿Qué componentes utiliza para la fabricación de la prótesis?

Motores de alto torque, microcontrolador, uso de dos motores al codo, arduino micro, alimentación de corriente, baterías, amplificador de voltaje paralelo al arduino y sensor capacitivo.



# Cotizaciones

Para determinar el costo del modelo, se realizaron cotizaciones para la impresión 3D, a continuación los resultados obtenidos:

## Realizada a: Adrián Quesada

El total es de 92900 colones todas las piezas IZQ + Der + Peto, para cualquiera de los 3 materiales (ABS, PETG, o PLA ) a 200 micrones de resolución y 20% de infill.

Colores y materiales disponibles: ABS rosado, ABS verde, PLA dorado, PLA naranja, PETG dorado, PETG rojo, PETG blanco y PETG gris

Vienen en camino, disponibles en los próximos días. PETG morado, PETG negro y PETG gris metalico

Filamentos especiales, el precio varia: PLA+ fibra de carbono = negro, Nylon + fibra de carbono: negro y Nylon = natural

## Realizada a: Eckart Holst

				cotización # <b>00006</b>
				fecha: <b>30/10/2016</b>
IMPRESIÓN 3d				
cliente: <b>Vanessa Aguilar Castillo</b>				
NOMBRE <small>ARCHIVO</small>	MATERIAL <small>COLOR</small>	RESOLUCIÓN <small>milímetros</small>	CANTIDAD DE PIEZAS	PRECIO <small>(COLONES)</small>
peto con más libertad en ...stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	61 300
derecho	Blanco / Negro	0,1 mm	20	163 700
bisagra adentro con eje DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
bisagra afuera2DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Central DER con aros.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Cobertor Antebrazo DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
cobertor brazo DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
escapula con eje sin pin DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Ext Basculante der DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Ext Basculante Izq DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Int Basculante Der DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Int Basculante Izq DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Slide_Lock_75 (X6).stl	Blanco / Negro	0,1 mm	6	
Soporte antebrazo sin pin DER.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Tope(X3).stl	Blanco / Negro	0,1 mm	3	
izquierdo	Blanco / Negro	0,1 mm	20	163 700
bisagra adentro con eje IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
bisagra afuera IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Central IZQ con aros.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Cobertor Antebrazo IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
cobertor brazo IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
escapula con eje sin pinesIZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Ext Basculante der IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Ext Basculante Izq IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Int Basculante Der IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Int Basculante Izq IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Slide_Lock_75 (X6).stl	Blanco / Negro	0,1 mm	6	
Soporte antebrazo sin pin IZQ.stl	Blanco / Negro	0,1 mm	1	
Tope (X3).stl	Blanco / Negro	0,1 mm	3	
TOTAL <small>(COLONES)</small>				388 700
Cotización válida por 1 mes a partir de la fecha indicada. El 40% del monto total en colones debe ser cancelado previo al inicio del proyecto, el 60% del pago se realiza contra entrega final.				